

O relógio de sol horizontal como instrumento para o ensino de ciências

Leonardo Marques Soares

Graduação em Física Licenciatura e Mestrado em Educação pela
Universidade Federal de Minas Gerais, Especialização em Ensino de
Astronomia pela Universidade Federal de Ouro Preto.

Francisco de Borja López de Prado

Graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Minas
Gerais , graduação em Licenciatura Em Filosofia pela Faculdade de
Filosofia Nossa Senhora Medianeira e mestrado em Educação pela
Universidade Federal de Minas Gerais.

Rodrigo Drumond Vieira

Mestre em Educação e graduado em Licenciatura em Física pela
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente é doutorando
em Educação pelo programa de pós graduação da Faculdade de Educação
da UFMG

Silvania Sousa do Nascimento

Graduada em Física pela UFMG, mestre em Ensino de Ciências
(Modalidade Física e Química) pela Universidade de São Paulo, doutora em
Didactique Des Disciplines - Sciences et Technologies pela Université Paris
VI e com Pós-dourado em Educação pela UNICAMP.

INTRODUÇÃO

A humanidade, desde os tempos remotos, necessitou de orientar-se e de medir o tempo. Os homens precisavam saber quanto tempo tinham de claridade para poder realizar diferentes tarefas. Observar a variação do comprimento da sombra durante o dia foi uma das primeiras práticas para medir a passagem do tempo, e para buscar orientação de acordo com os pontos cardeais. Observando também as sombras foi possível definir as estações do ano que influenciavam fortemente nas atividades agrícolas.

Para facilitar esse trabalho, foram fixadas no chão, hastes verticais que passaram a ser conhecidas como "gnômons". A haste iluminada pelo Sol, então, projetava sombras no solo que diminuía de comprimento até um dado instante e depois começavam a ficar cada vez mais compridas. Dessa maneira, eles passaram a dividir o dia claro em duas metades, manhã e tarde.

Com o passar dos anos, foi constatado que o comprimento e a direção das sombras variavam em diferentes épocas do ano. Para resolver esse problema, após inúmeras tentativas, a haste vertical foi inclinada de acordo com a latitude em que ela era usada. Dessa forma, surgiram os relógios de sol. O movimento aparente do Sol, durante muitos séculos, serviu para dar informação sobre as horas do dia.

Podemos notar que o relógio de sol nasceu de grandes necessidades dos seres humanos que nos antecederam. Atualmente as "folhinhas" ou calendários impressos nos orientam, mas sem chamar a atenção para as mudanças que ocorrem no nosso ambiente, e muito menos nos fazem pensar nos motivos dessas mudanças.

Com desenvolvimento da ciência e da tecnologia, os instrumentos usados para essas tarefas foram evoluindo. Hoje contamos com relógios digitais e atômicos, bem como os calendários impressos. A necessidade de observar as mudanças na posição do Sol para poder medir o tempo e prever as estações do ano foram superadas, mas ainda conservam um valor cultural e histórico para a humanidade.

O relógio de sol foi um instrumento que ajudou muito na elaboração de modelos para o Sistema Solar. Ele carrega em si, habilidades e conhecimentos construídos em outras épocas. Ao resgatar esse instrumento e as atividades a ele relacionadas, estamos tentando preservar uma cultura, que é de grande importância para inclusão dos cidadãos no contexto científico e tecnológico da nossa época, já que a construção de modelos e a observação criteriosa dos fenômenos ainda são atividades muito comuns na ciência do nosso tempo (SOARES, 2006).

Ao desenvolver atividades pedagógicas em que os relógios de sol são tratados como objetos de aprendizagem ou como um instrumento mediador, é possível criar oportunidades para os estudantes resgatarem uma cultura, que foi esquecida pela maior parte da sociedade. Conseqüentemente, uma possibilidade também de ampliação de sua compreensão do mundo e de sua cultura.

Esperamos que os professores ao participarem desse curso, tenham a oportunidade de se apropriarem do relógio de sol como uma ferramenta em suas atividades pedagógicas. Salientamos que o uso do relógio de sol em atividades pedagógicas vai muito além da simples leitura das indicações das horas verdadeiras projetadas pela luz solar.

Além disso, através desse uso é possível também se orientar geograficamente e reconhecer os elementos da esfera celeste que nos ajudam a acompanhar os movimentos diários e anuais dos astros.

Chamamos a atenção para o fato de que as atividades realizadas com o relógio de sol horizontal devem ser adaptadas ao nível de ensino trabalhado, que pode ser do Ensino Fundamental ao Ensino Superior. A compreensão sobre a construção e da utilização do relógio de sol pode acontecer em diversos níveis de acordo com estágio de desenvolvimento dos aprendizes. Isso significa que ao se trabalhar com essa ferramenta com crianças, não é necessário esgotar todos os conhecimentos em questão. Futuramente essas mesmas crianças podem desenvolver níveis de apropriação mais elaborados, de acordo com uma espiral de ensino que evolui segundo os graus de escolaridade.

Tanto na construção quanto na utilização do relógio de sol estão presentes vários conceitos, modelos e teorias como: coordenadas geográficas, modelos geocêntrico e heliocêntrico, esfera celeste, estações do ano, leis de Kepler e Newton para o movimento dos astros, precessão dos equinócios, fases da Lua, eclipses, etc. Nesse curso trabalharemos apenas alguns desses elementos, porém esperamos que os participantes possam aperfeiçoar seus conhecimentos e suas técnicas durante a utilização dessa ferramenta.

A CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO DE SOL HORIZONTAL

Todos os relógios de sol são constituídos basicamente por dois elementos: o quadrante e o ponteiro. O quadrante é dividido em ângulos correspondentes a cada hora e/ou a cada meia hora verdadeira. As horas verdadeiras (HV) são as horas marcadas pelo Sol, que na maior parte do ano não coincidem com as horas marcadas pelo relógio comum, as horas legais (HL).

Existem vários tipos de relógio, porém, vamos trabalhar com o relógio de sol de quadrante horizontal como mostrado na figura 1. Este relógio é constituído por um estilete inclinado e um quadrante no plano horizontal. A inclinação do estilete com a horizontal é igual à latitude do lugar (Φ).

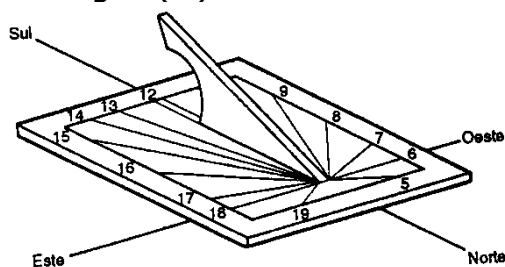


Figura 1 – Relógio de Sol Horizontal. (BOCZKO, 1984: p. 35)

A extremidade mais alta do estilete orienta-se para o Norte no hemisfério Norte e para o Sul, no hemisfério Sul. As divisões horárias do quadrante não são todas iguais devido ao fato de que elas serão as projeções das divisões iguais (de 15°) do quadrante do modelo equatorial.

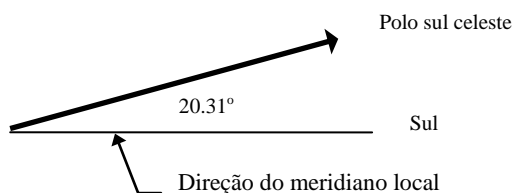
Uma das maneiras de calcular os valores das divisões horárias do quadrante é através da equação 1:

$$(equação 1) \tan a = \tan b \cdot \text{sen } \Phi ,$$

onde a representa o ângulo horário a ser marcado no quadrante do relógio horizontal, b corresponde ao ângulo de deslocamento do Sol (15° para 1 hora, de 30° para 2 horas, etc.) e Φ representa o valor da latitude do local onde o relógio será usado.

Vamos construir um relógio desse tipo para ser usado na cidade de Vitória – ES. A latitude dessa cidade é de $20,31^\circ$ sul. Portanto, a inclinação do estilete com o plano horizontal será igual a $20,31^\circ$, como mostra na figura 2.

Figura 2 – Inclinação do Estilete.



O tamanho e a forma do estilete ficarão de acordo com a criatividade de cada um, desde que seja respeitada a inclinação de $20,31^\circ$.

É importante notar que a extremidade estilete apoiada no chão está orientada para o Norte e, aquela levantada, orientada para o Sul. A direção do estilete, pois, é paralela ao eixo de rotação da Terra e aponta para o pólo Sul celeste.

Para traçar as divisões horárias no quadrante, desenhamos inicialmente uma reta que passará a representar a direção do meridiano do lugar. Nela assinalamos o Sul (**S**), que corresponderá às XII solares. Traçamos, a seguir, uma reta perpendicular a direção norte-sul, em cujas extremidades assinalamos, à direita, do lado Leste (**L**), as VI horas e, à esquerda, lado do Oeste (**O**), as XVIII horas o que indicamos na figura 3.

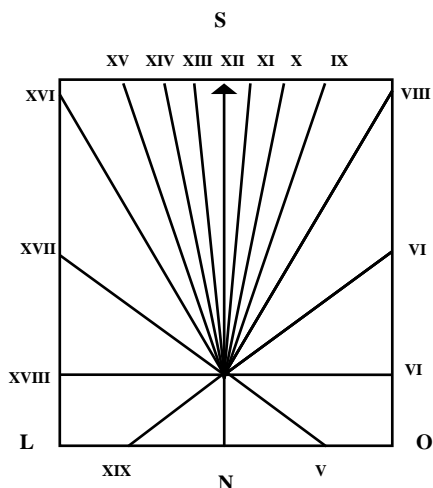


Figura 3 – Quadrante horizontal

Resta, agora, calcular as direções em que deverão ser assinaladas as outras horas. Para isso, usaremos a tabela 1 a seguir, que foi obtida com a equação 1.

Tabela 1: ângulos horários do Sol e no quadrante do relógio de Sol

Ângulo horário do Sol (b)		Ângulo horário no quadrante do relógio de sol (a)		
Horas	graus	graus	a esquerda	a direita
1	15	5,30°	XI	XIII
2	30	11,3°	X	XIV
3	45	19,1°	IX	XV
4	60	31,0°	VIII	XVI
5	75	52,3°	VII	XVII
6	90	90,0°	VI	XVIII
7	105	-52,3°	V	XIX

Esse resultado quer dizer que para desenhar as XIII horas desenharemos uma reta que partindo do ponto de interseção das retas N-S e L-O, formará com a reta N-S, um ângulo igual a 5,3° para a direita e, para as XI horas, o mesmo ângulo para a esquerda.

Observação: O intervalo de horas selecionado na tabela acima entre as 5:00h e as 19:00 h é devido ao fato que, em Vitória, no maior dia do ano o instante do nascer e do ocaso do Sol ocorrem dentro desses intervalos.

Indicamos, na tabela 2, as latitudes e os valores dos ângulos horários dos quadrantes para seis cidades do Brasil.

Tabela 2: Latitudes e valores dos ângulos horários

Horas no quadrante.		Ângulos (em graus) no quadrante (a) para várias cidades					
		BELEM	SALVADOR R	BRASÍLIA	RIO DE J.	S. PAULO	PORTO A.
Oeste	Leste	-01,47°	-12,89°	-15,78°	-22,91°	-23,54°	-30,04°
XI	XIII	0,4	3,4	4,2	6,0	6,1	7,6
X	XIV	0,8	7,3	8,9	12,7	13,0	16,1
IX	XV	1,5	12,6	15,2	21,3	21,8	26,6
VIII	XVI	2,5	21,1	25,2	34,0	34,7	40,9
VII	XVII	5,5	39,8	45,4	55,5	56,1	61,8
VI	XVIII	90,0	90,00	90,0	90,00	90,0	90,00
V	XIX	-5,5	-39,8	-45,4	-55,5	-56,1	-61,8

UTILIZAÇÃO

Em um mesmo instante, o relógio de sol não marcará o mesmo horário que um relógio comum. O relógio de sol marca as horas verdadeiras (HV), já o relógio comum marca as horas legais (HL), definidas pelo nosso fuso horário local. Como a Terra foi dividida em 24 fusos de uma hora cada um, precisamos levar em conta a diferença entre o local em que estamos e o local onde passa o meridiano central do fuso. Para isso achamos a diferença entre a longitude local e a longitude do meridiano central do fuso e chamamos esta diferença de D, de acordo com a equação 2, a seguir:

(equação 2) $D = \text{longitude local} - \text{longitude do meridiano central do fuso}$

Além disso, o relógio de sol se atrasa ou adianta continuamente com relação aos nossos relógios de uso comum. Esta diferença, chamada de Equação do Tempo (ET), é devido ao fato da órbita da Terra em torno do Sol ser uma elipse. Consulte a tabela 3 para encontrar o valor adequado de ET para o um determinado dia do ano:

Tabela 3: Valor de ET para alguns dias do ano (PRADO, 2005)

JANEIRO		MARÇO		MAIO		AGOSTO		SETEMBRO		OUTUBRO		DEZEMBRO	
Dia	Min	Dia	min	Dia	min	Dia	min	Dia	min	Dia	min	Dia	min
01	+03	03	+12	01	-03	11	+05	01	0	03	-11	01	-11
03	+04	07	+11	11	-04	16	+04	04	-01	06	-12	03	-10
06	+05	11	+10	25	-03	21	+03	07	-02	10	-13	06	-09
07	+06	15	+09	JUNHO		24	+02	10	-03	14	-14	08	-08
10	+07	18	+08	Dia	min	29	+01	12	-04	19	-15	10	-07
13	+08	22	+07	02	-02			15	-05	26	-16	12	-06
15	+09	25	+06	07	-01			18	-06	NOVEMBRO		14	-05
18	+10	29	+05	12	0			21	-07	Dia	min	16	-04
21	+11	ABRIL		18	+01			24	-08	16	-15	18	-03
25	+12	Dia	min	22	+02			27	-09	21	-14	20	-02
30	+13	01	+04	27	+03			30	-10	25	-13	22	-01
FEVEREIRO				JULHO						27	-12	24	0
Dia	Min	08	+02	Dia	min							27	+01
06	+14	11	+01	02	+04							28	+02
25	+13	15	0	08	+05							31	+03
		20	-01	16	+06								
		25	-02										

Para encontrarmos a hora local (HL) é necessário adicionarmos esses dois fatores, D e ET à hora verdadeira (HV), de acordo com a equação 3:

(equação 3) $HL = HV + D + ET$

Como exemplo vamos fazer os cálculos para a cidade de Vitória (longitude = 40,3° Oeste) para o dia 25 de janeiro.

$$D = 40,3 - 45,0 = 4,7^\circ$$

$$D = 4,7^\circ \cdot 60/15 = -19 \text{ min}$$

$$HL = HV - 19 + 12$$

$$HL = HV - 7 \text{ min.}$$

Ou seja, o relógio solar estará 7 minutos adiantado em relação aos relógios comuns.

ORIENTAÇÃO

Para que o relógio possa ser utilizado ele deve estar orientado de acordo com a direção norte-sul local. A seguir apresentaremos algumas maneiras simples de orientá-lo.

1 – Primeiramente deve-se fincar uma estaca vertical em um piso horizontal, para montar um gnômon. Para definir a horizontal e a vertical deve-se usar um “nível” e um “fio de prumo”, que são ferramentas muito utilizadas pelos pedreiros. Então, comece a observar a sombra dessa estaca projetada no piso um pouco antes do meio dia (pelo menos 1 h antes, fora do horário de verão). É possível perceber que essa sombra, nesse momento estará diminuindo de comprimento. Faça medidas de 5 em 5 minutos. No momento do meio dia solar, a sombra pára de diminuir e começa a aumentar de comprimento (menor sombra do dia). Nesse instante a sombra estará apontada exatamente na direção norte-sul. Marque essa direção sobre o piso com uma reta. Agora é só posicionar o seu relógio em cima dessa marcação. Lembre-se que com o braço direito esticado para o oeste, você estará de frente para o sul.

2 – Com um relógio comum acertado com o horário de Brasília, é possível usar o relógio de sol como uma bússola. Se você sabe que o relógio de sol estará adiantado 5 minutos em relação aos relógios comuns, basta orientá-lo para marcar as HV de acordo com as HL. Por exemplo, se for 10:00 h no horário de Brasília (HL), significa que, em Vitória no dia 25 de janeiro, o relógio solar deverá marcar 10:07 h. Então, basta orientá-lo para marcar esse horário que você terá a direção norte-sul.

Observação: Para usar a bússola, é necessário estar seguro que o local não possui campos magnéticos criados por correntes elétricas em cabos ou fios, bem como conhecer o valor da declinação magnética atualizada do local.

O RELÓGIO ALÉM DAS HORAS

É possível usar o relógio de sol horizontal para realizar outras atividades além de observar a marcação das horas verdadeiras. Primeiramente, é possível orientar-se geograficamente pelo relógio devido o seu posicionamento alinhado com as direções norte-sul e leste-oeste. Devido à orientação do ponteiro, que é paralelo ao eixo de rotação terrestre, também é possível reconhecer alguns elementos da esfera celeste, como o equador celeste, o pólo celeste e a eclíptica. Usando esses elementos como referência é possível reconhecer as mudanças de posição dos astros na esfera celeste ao longo de um dia, de um mês e de um ano.

Para achar o pólo sul celeste basta manter um de seus braços apontado paralelamente ao ponteiro, e para achar o equador celeste mantenha o outro braço perpendicularmente ao primeiro. Veja a figura 4:

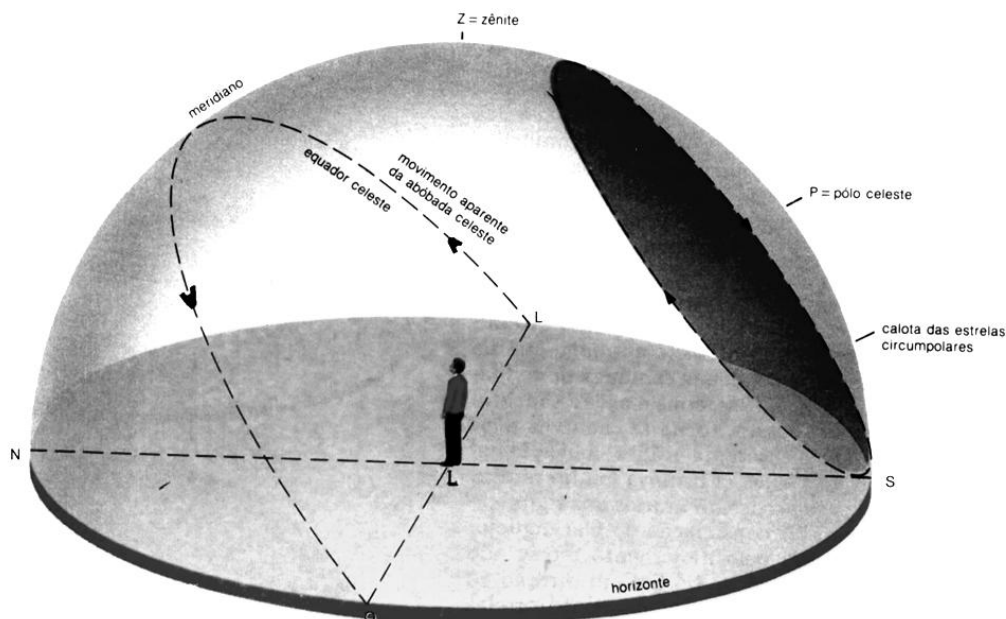


Figura 4 – Esfera celeste - <http://astro.if.ufrgs.br/z.jpg>

Uma outra referência importante é a linha da eclíptica, que representa a trajetória que o Sol descreve durante o ano. Aproximadamente, nessa mesma linha, também se encontram os planetas, a Lua e as constelações do zodíaco. A mudança de posição desses corpos celestes, ou a mudança do horário em que eles aparecem no céu é perceptível, desde que se tenha um pouco de prática de observação e os devidos elementos de referência da esfera celeste. Para explicar o motivo dessas mudanças, é necessário mudar o sistema de referenciais, do modelo geocêntrico para o modelo planetário de Johannes Kepler e Isaac Newton. Consideramos muito proveitosa a estratégia de fazer os estudantes presenciarem os fenômenos que possibilitaram levantar questões fundamentais para a elaboração das teorias que são ensinadas. Com isso pode-se estabelecer um diálogo entre as teorias e as evidências que estimularam a elaboração dessas teorias.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES PEDAGÓGICAS INSPIRADAS PELA TEORIA DA ATIVIDADE

Ao pensarmos o relógio de sol como instrumento para o ensino de ciências, reconhecemos que essa função instrumental não lhe é inerente, mas depende fundamentalmente da atividade em que os alunos se envolvem. Dependendo da atividade, o relógio pode ser ora um objeto que o aluno constrói ou transforma; ora um instrumento mediador que possibilita ao aluno construir ou transformar novos objetos, sejam eles concretos ou abstratos, o que inclui os conceitos científicos do campo da física e da astronomia. O conceito de ação mediada proposto por Vygotsky (2000) é um modo de compreender os papéis que o relógio de sol pode desempenhar quando os alunos com ele interagem.

As figuras 6 e 7 ilustram o relógio como objeto e como instrumento da ação mediada:

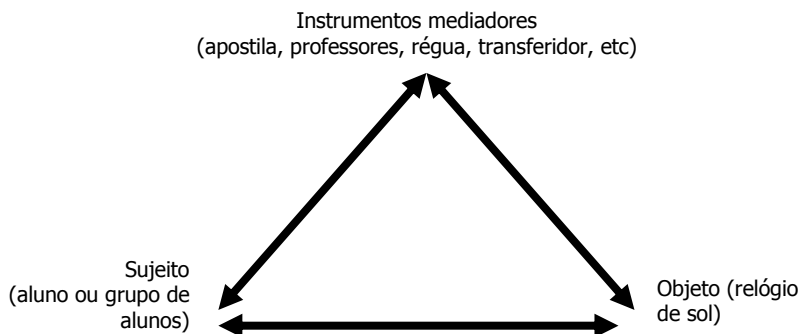


Figura 5 – ação mediada sobre o relógio

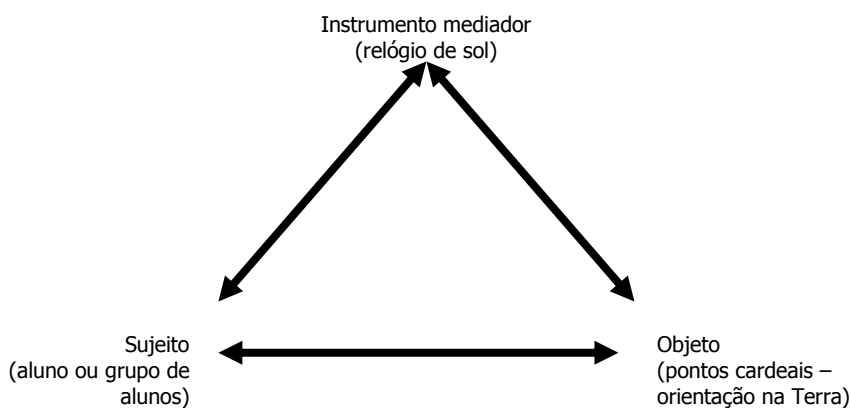


Figura 6 – ação mediada pelo relógio

Apesar do conceito de atividade coletiva já existir nos escritos de Vygotsky, coube a Leontiev e Engeström a tarefa de ampliá-lo, situando toda ação mediada sempre em uma atividade de natureza essencialmente coletiva. O modelo expandido da atividade ilustrado na figura 8 encontra-se em Engeström (1987):

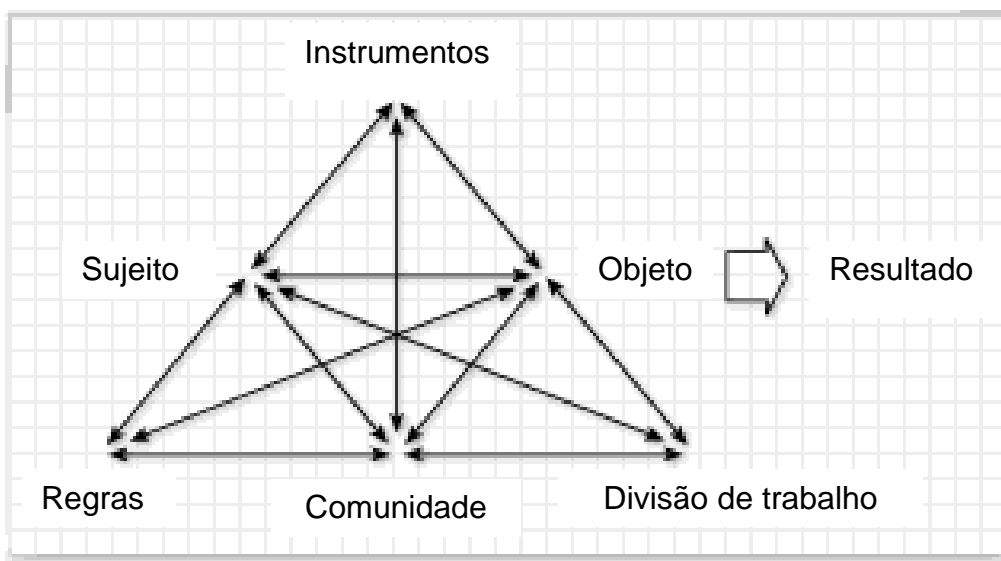


Figura 7 - O modelo expandido da atividade (adaptado de Engeström, 1987)

Ou seja, toda ação deve necessariamente inscrever-se em uma atividade. É a atividade, com seu motivo/objeto, que dá sentido às ações e estas, por sua vez, estão relacionadas às condições de sua realização, o que nos remete às operações.

Esses três níveis de análise (atividade, ações e operações) foram propostos e discutidos por Leontiev (1978). Segundo o autor, a atividade surge sempre de uma necessidade humana (seja ela biológica ou cultural), a qual leva ao surgimento de um motivo, este podendo sempre ser relacionado a um objeto – o objeto da atividade – quer dizer, o objeto da atividade é sempre o seu verdadeiro motivo. As ações, por sua vez, orientam-se sempre por objetivos conscientes, e são, em seu conjunto, motivadas pelo objeto da atividade. Já as operações revelam-se automatizadas/inconscientes, e dizem respeito às condições de realização das ações; portanto, dizem respeito também aos instrumentos mediadores da atividade. Segundo Leontiev (1978) toda atividade apresenta essa estrutura hierárquica (atividade – ações – operações).

Em acordo com esses pressupostos, a nossa idéia geral é que numa sequência de ensino o relógio pode ora ser tratado como uma caixa¹ a ser aberta, em que a história de alguns de seus elementos é trazida para o plano da consciência; ora pode ser utilizado como uma caixa fechada, em que serve como um instrumento mediador para abrir outras caixas. Podemos dizer que no primeiro caso temos o relógio como um objeto da atividade, e que no segundo caso ele adquire o papel de instrumento. Se situarmos esse duplo caráter do relógio de sol nos níveis estruturais da atividade, por um lado, o processo de utilizá-lo pode ser considerado uma ação se nele estivermos concentrando um objetivo consciente no processo de transformá-lo ou construí-lo; de outro lado, a sua utilização pode ser considerada uma operação se o relógio for utilizado como um instrumento (na condição de uma caixa fechada) para a satisfação de outras ações conscientes (por exemplo, aprender a localizar e orientar-se através dos pontos cardeais).

Consideramos que a generalização, compreendida aqui enquanto um ato cognitivo de mobilizar/utilizar um conceito, instrumento ou estrutura fora do contexto primeiro da sua emergência, é um verdadeiro ato de aprendizagem e de desenvolvimento. Por exemplo, quando um aluno passa a utilizar o conceito de inércia para explicar o movimento dos corpos para além das situações exemplares didáticas utilizadas pelo professor, podemos dizer que o conceito de inércia foi generalizado.

Situando essa discussão no marco da Teoria da Atividade, podemos dizer que grande parte das generalizações realizadas pelos sujeitos em situações de ensino e aprendizagem devem ser conseqüências da passagem de uma ação ao plano da operação. Se uma operação foi dominada antes como ação (consciente – caixa aberta), é grande a possibilidade de que possa ser generalizada em outros contextos. Se somente temos acesso a uma operação pronta, como um algoritmo a ser seguido, dificilmente estaremos em condições de generalizá-la para contextos distintos das condições singulares em que foi utilizado. Segundo Sforni:

¹ A metáfora da caixa serve aqui ao propósito de sugerir que elementos dela podem ser trazidos ao plano da consciência (ação) quando ela está “sendo aberta” e que elementos dela estão inacessíveis temporariamente à consciência quando ela encontra-se “fechada”.

Cabe reforçar que uma operação não é simplesmente um ato mecânico que é aprendido como tal. Para que a operação possa ser trazida à consciência, quando diante de uma situação problema, é fundamental que ela tenha se formado inicialmente como ação, processo em que cada movimento é consciente para o sujeito, e somente depois transformado em prática automatizada. Caso a operação não tenha percorrido esse processo, não sendo consciente, permanece estanque, vinculada apenas à situação em que foi aprendida. Não é efetivamente do domínio do sujeito, pois não pode ser acionada conscientemente diante de outra situação (SFORNI, 2004, p. 102)

A possibilidade de utilizar o relógio de sol como objeto (caixa a ser aberta – ação consciente) ou instrumento mediador (caixa fechada a ser utilizada – operação automatizada) permite reconhecer a potencialidade pedagógica do relógio e a sua mobilidade funcional nas atividades de ensino e aprendizagem, em função inclusive da riqueza cultural que nele está inscrita. Cabe ao professor a tarefa de selecionar quais desses elementos culturais serão trabalhados segundo o nível de escolaridade de seus alunos, inclusive aqueles que poderão ser trabalhados em níveis mais avançados, de modo a estabelecer uma espiral de ensino. É fundamental também que a atividade de ensino do professor torne-se uma autêntica atividade de aprendizagem para os seus alunos, daí a importância da devida motivação que o professor deve buscar promover nos seus alunos.

Nesta apostila procuramos explicitar alguns elementos do relógio de sol durante a sua construção. Devido a limitações de tempo e espaço, outros tantos elementos não tiveram esse desdobramento, mas que podem ser objeto de explicitação em salas de aula, seja da educação básica ou superior. Procuramos mostrar como o relógio pode, também, servir como instrumento mediador. A compreensão desse duplo caráter do relógio por parte dos professores é um passo necessário para que o relógio possa cumprir propósitos pedagógicos claros, visando ao desdobramento do conhecimento cultural que nele está inscrito e ao desenvolvimento da capacidade dos alunos de generalizar esse conhecimento. A Teoria da Atividade certamente é um marco teórico poderoso para pensarmos essas possibilidades nas nossas salas de aula de ciências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOCZKO, R. **Conceitos de Astronomia**, São Paulo, Edgar Blücher, 1984. (p. 163-165)
- ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding**. Helsinki: Orienta-konsultit, 1987.
- LEONTIEV, A. N. **Activity, Consciousness and Personality**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1978.
- PRADO, F. B. L. **Manual para quem gosta de astronomia**, 2005.
- SFORNI, M. S. F. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino: contribuições da Teoria da Atividade**. Araraquara: JM Editora, 2004.
- SOARES, L M. **A oficina de relógio de sol no encontro cultural de Milho Verde**. Monografia, 2006.
- VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. 2ª ed. 3º tiragem. São Paulo: Martins Fontes, 2000. (Tradução do original russo feita a partir do inglês : Thought and language, 1987).

INDICAÇÕES NA INTERNET

Hipertexto sobre astronomia:
<http://astro.if.ufrgs.br/>

Animação em Flash:
http://www.math.nus.edu.sg/aslaksen/projects/sundials/flash/horizontal_dial.html

Aplicativo java para simular relógio analemático:
<http://www.jgiesen.de/hsd/hsd300.html>
<http://www.sundials.co.uk/>

Medidas de tempo e equação do tempo:
<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/tempo.htm>

Cálculos de um relógio solar horizontal para qualquer local:
http://www.sundials.uklinux.net/hd_calc.htm