

# Algumas considerações sobre a didáctica do conceito de energia

MARIANA VALENTE

Departamento de Física, Universidade de Évora

DUARTE COSTA PEREIRA

Departamento de Química, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

«energy is eternal delight»

W. BLAKE, 1793

## 1. Fases na construção do conhecimento

Fala-se muito, hoje em dia, na importância das «concepções alternativas» no processo ensino/aprendizagem das ciências. Segundo o modelo subjacente a esta corrente, os alunos constroem versões privadas dos conceitos sobre que posteriormente elaboram as suas interpretações.

Nesta perspectiva construtivista do conhecimento é de extrema importância que o professor conheça o ponto de onde parte o aluno, para que possa escolher estratégias adequadas, facilitando-lhe a construção de novos modelos conceptuais mais próximos dos modelos científicos. Digamos que o conhecimento das «concepções alternativas», relacionadas com os vários domínios da ciência, será condição necessária, ainda que não suficiente, para o «sucesso» da aprendizagem.

Todo o professor que já tenha ensinado mecânica sentiu, certamente, a importância destas concepções e a resistência que elas oferecem à adopção do modelo formal, aceite cientificamente. O grande desafio que se põe é: *como provocar a mudança?*

Muitos autores e em especial R. Driver falam do papel que o confronto entre os modelos dos alunos e a «realidade» pode desempenhar na construção do conhecimento, levando-os a fazerem previsões, com base nos seus modelos conceptuais, e a confrontá-las com situações (bem escolhidas) que provoquem o conflito. A literatura tem dado muita ênfase à definição de estratégias que ajudem a conhe-

cer os «modelos alternativos». Propostas de confronto não são, todavia, muito frequentes, nomeadamente no que diz respeito ao ensino da mecânica.

Muitos dos modelos explicativos dos alunos resistem fortemente ao ensino formal e há mesmo professores que, face a novas situações, projectam, eles próprios, de uma forma subtil, modelos não científicos.

Se há áreas da Física em que o confronto é clarificador e é suficiente para provocar a mudanças (algumas situações no estudo da corrente eléctrica), outras há em que o confronto é problemático. É este o caso da mecânica. Esta situação advém do facto de o «mundo» ideal, sem atrito, que queremos conceptualizar, ser um «mundo» que pouco tem a ver com a experiência do aluno. Nós propomos uma fase de *confronto/configuração* <sup>(1)</sup>, e consideramos que há áreas da Física em que a configuração terá, necessariamente, um papel muito mais importante que o confronto, por exemplo em áreas em que os conceitos sejam muito abstractos, como é também o caso da energia.

Configurar é dar forma, é ajudar o aluno na construção de um «todo» coerente e em interacção. Não há vários conhecimentos, isto

---

(1) A configuração corresponderá no processo de ensino/aprendizagem, a uma entidade com estatuto epistemológico intermédio entre os modelos perceptuais (intuitivos) e os conceptuais que são explanatórios.

é, não há um conhecimento válido para a sala de aula, na resolução de problemas abstractos e outro válido para as situações quotidianas. O professor na sala de aula não deve separar mas sim ligar. Uma prática pedagógica muito arreigada, que se pode considerar contraproducente por anticonfiguracionista, é a de chamar a atenção do aluno para as diferenças entre a linguagem corrente e a linguagem científica, sem ter a preocupação de estabelecer ligações. Com efeito, a linguagem científica interactiva necessariamente com a linguagem corrente através da divulgação científica, e é frequente, hoje em dia, encontrarmos na literatura conceitos científicos trabalhados pela arte da escrita. A tendência será no sentido do conhecimento científico agir sobre o senso comum alterando-o, já que não se trata de mundos completamente separados. Como diz B. Sousa Santos (1987): «Na ciência moderna, a ruptura epistemológica simboliza o salto qualitativo do conhecimento do senso comum para o conhecimento científico; na ciência pós-moderna o salto mais importante é o que é dado do conhecimento científico para o senso comum. O conhecimento científico só se realiza enquanto tal na medida em que se converte em senso comum».

Há professores que colocam o problema da educação científica no facto desta e da própria ciência correrem contrariamente ao senso comum. Mas não tem de ser assim. Configurar também é não esquecer que a educação científica tem a ver com a experiência de todos os dias. É fazer com que o conhecimento adquirido possa ser relacionado com o que é observado. Para isso, não basta considerar apenas situações ideais; é preciso não ter medo de abordar, também, sistemas complexos (reais). Por exemplo, no caso da energia é preciso estudar, de uma forma acessível, sistemas abertos e longe do equilíbrio, pois só assim a Física escolar fará algum sentido; caso contrário, não será capaz de dar resposta a muitas das questões levantadas. Como diz J. Wellington (1985), a Física escolar está cheia de noções ridículas.

Se a configuração é possível então é imprescindível um bom uso da linguagem verbal. A chave da configuração poderá estar numa verdadeira «acção comunicacional», como diria Habermas (as «verdades» jogam-se na comunicação através da argumentação). «A comunicação tem uma vocação de verdade, ponto de partida da concepção de Habermas»<sup>(2)</sup>, (Fernando Gil, 1986). Como refere Ogborn (1986), a verdade científica já não se encontra na cabeça (posição racionalista), nem «lá fora» (posição empirista): «a «verdade» tem de ser construída entre nós!» (veridicção). Esta atinge-se na interacção dos vários discursos, e para que os discursos possam interactivar está implícito que as «vias» utilizadas na construção de um mundo coerente sejam «vias» que façam sentido para o aluno.

Vamos, nesta perspectiva configuracionista, abordar o conceito de energia.

## 2. Alguns problemas no ensino/aprendizagem da energia

### 2.1. Resultados de algumas experiências

A — Colocaram-se questões a um grupo de sete alunos do 4.º ano de licenciatura em ensino de Física e Química, no sentido de caracterizar as suas representações de energia e de entropia. Da análise das respostas pudemos verificar que:

— a energia aparece, em quatro das respostas, associada ao conceito de trabalho;

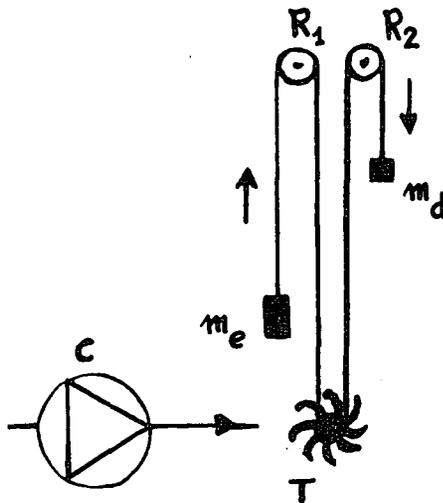
— o conceito de entropia surge, em seis das respostas, como uma medida de desordem de um sistema. Nenhum dos sete alunos associou, de alguma forma, este conceito à energia. Este facto parece confirmar a ideia repetidamente afirmada por muitos autores de que ao conceito de entropia associam os alunos o

---

(2) Seria interessante explorar a importância das teses de Habermas na Educação. Contamos fazê-lo num futuro próximo.

«chavão» desordem, de reduzido significado físico para eles.

B — Com alunos do 1.º ano de uma licenciatura em engenharia montámos a seguinte experiência:



C — compressor  
 T — turbina  
 $m_e$ ;  $m_d$  — corpos de massas  $m_e$  e  $m_d$   
 $R_1$   $R_2$  — roldanas

Era então colocada a seguinte questão: porque é que quando se juntam mais corpos ao sistema, de forma a aumentar o valor da massa  $m_e$  e mantendo  $m_d$  constante, este se desloca mais lentamente?

Dos 45 alunos nenhum tentou dar uma explicação em termos energéticos e as explicações centradas na análise de forças falhavam. É de salientar que tendo-se explicitamente chamado a atenção para o princípio de conservação da energia os alunos não eram capazes de o aplicar.

## 2.2. Ênfase curricular dada ao conceito de energia

No nosso ensino secundário a energia não desempenha um papel importante. A força continua a reinar. Não é por acaso que os alunos raramente fazem análises energéticas na interpretação de um fenómeno.

Claro que a conceptualização da energia não é tarefa fácil. Antes de abordarmos algu-

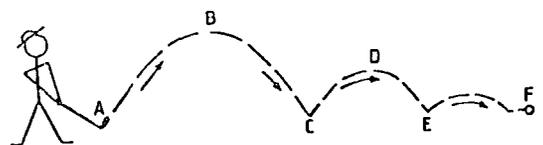
mas dificuldades na aprendizagem nesta área gostaríamos de fazer algumas reflexões sobre a necessidade de lhe dar mais ênfase.

Não há dúvida que a energia desempenha um papel muito importante na nossa sociedade, sendo referida multiplamente em contextos não científicos e por vezes conflituosos com as ideias de conservação e degradação consignadas, respectivamente, nos 1.º e 2.º princípios da termodinâmica. Só por isso se justificaria um melhor tratamento deste conceito numa educação científica adequada. Cada vez mais, a «produção» e o desenvolvimento nos alunos de atitudes tam problemas do ponto de vista do ambiente e, o desenvolvimento, nos alunos, de atitudes de participação numa sociedade em que a natureza não seja sacrificada poderia ser um objectivo importante da educação científica, mesmo a um nível de «ciência para todos» (Ogborn, 1987), que é o que se justifica no Ensino Básico.

Temos ainda que considerar o facto de o conceito de energia ser verdadeiramente interdisciplinar, permitindo transferências de aprendizagem sempre desejáveis curricularmente. Os recursos motivacionais não faltam: para além dos contextos habituais, também a vamos encontrar na literatura, na pintura, em banda desenhada...

## 2.3. Concepções alternativas no domínio da energia

Driver e Warrington (1985) descrevem algumas experiências para a identificação das concepções alternativas nesta matéria. Identificam, assim, as confusões entre força e energia e entre energia e velocidade. J. Solomon (1985) faz referência às dificuldades de aplicação do princípio de conservação da energia, ilustrando com a seguinte situação:



Neste contexto, era perguntado aos alunos, após ter sido recordado o princípio de conservação da energia, o que acontecia à energia da bola. Muitas das respostas indicavam que a energia fica armazenada na bola.

Muitas vezes estas dificuldades não desparecem com o ensino formal e acontece ser o próprio professor a transferir, sem dar por isso, este tipo de confusão. Vejamos a seguinte situação observada. Um professor estagiário tenta explorar o conceito de força. Para isso pede aos alunos que imaginem dois livros A e B, sendo a massa do livro B dupla da do livro A, e representa-os no quadro. É então pedido aos alunos que assinalem, tendo em conta a ordem de grandeza relativa, as forças mínimas necessárias que devem ser aplicadas em cada um dos corpos para que estes percorram a mesma distância de 10 cm. A necessidade de fixar a mesma distância sugere que as forças seriam diferentes se as distâncias fossem diferentes (confusão subjacente entre força e trabalho).

### 3. Algumas propostas para a conceptualização da energia

Na conceptualização da energia podemos considerar vários aspectos, como refere Duit (1985).

- I — Conceptualização da energia;
- II — Transferência da energia;
- III — Transformação da energia;
- IV — Conservação da energia;
- V — Degradação da energia.

No ensino, quando se fala de energia, os aspectos mais explorados são os da transferência e transformação. Como já dissemos a conceptualização da energia não é tarefa fácil. Muitas vezes, quando introduzido formalmente no currículo, o conceito aparece, numa perspectiva operacional, associado à capacidade de realizar trabalho<sup>(3)</sup>. Ora, além desta definição do ponto de vista científico não ser correcta (2.º princípio da Termodinâmica), também não ajuda muito partir do conceito de trabalho,

o qual coloca grandes problemas ao nível da conceptualização.

R. Driver, Solomon e Duit (1985) propõem uma conceptualização centrada nos princípios de conservação e «degradação» da energia. Este último aspecto deverá ser introduzido antes do princípio de conservação, que é contra-intuitivo e que só poderá ser compreendido se antes se introduzir o conceito de «degradação»<sup>(4)</sup>. Fazendo desta forma a abordagem do conceito de energia, os alunos poderão caminhar, por vias com sentido para eles, para a construção das representações conceptuais. Poderemos, pois, considerar que se trata de um processo de *configuração*

Feynman introduz o conceito de energia de uma forma puramente teórica. O conceito aparece metaforicamente. Conta ele que... um miúdo brinca, no quarto, com vinte e oito cubos, absolutamente indestrutíveis. A mãe, de vez em quando, preocupada, vai dando uma vista de olhos para ver se tudo está a correr bem até que, uma das vezes, se apercebe que só estão à vista vinte e cinco cubos. Intrigada, olha à volta mas nem vestígios dos cubos. Tenta encontrar uma explicação para o facto. Põe então a hipótese dos cubos estarem escondidos numa pequena caixa, que se encontra no quarto. Vai abrir a caixa mas o filho impede-a. A mãe inteligente pensa: «Eu sei que a massa da caixa é de 600 g e que a massa de cada cubo é de 100 g. Se pesar a caixa posso certificar-me se os cubos lá estão». Assim o faz e obtém o número total de cubos a partir da expressão:

$$\text{Número de cubos visíveis} + \frac{\text{massa da caixa} - 600 \text{ g}}{100 \text{ g}}$$

Tudo continua na mesma até que esta expressão deixa de perfazer 28. É então que

---

(3) Aliás, esta definição chega a aparecer nos alunos do 8.º ano ainda antes de iniciarem o estudo da Física: é veiculada através da disciplina de Biologia.

(4) Há autores que defendem que não deve utilizar este termo que sugere haver um inferno das energias e uma evolução no sentido do «mau».

repara que a água do aquário, por sinal muito suja, mudou de nível. Ela sabe que o nível habitual é de 6 cm e que a altura de cada cubo é de meio centímetro. Utilizando a seguinte expressão

$$\begin{aligned} & \text{Número de cubos visíveis} + \\ + & \frac{\text{massa da caixa} - 600 \text{ g}}{100 \text{ g}} + \frac{\text{altura da água} - 6 \text{ cm}}{0,5 \text{ cm}} \end{aligned}$$

obtem de novo 28. A situação vai-se complicando mas a mãe consegue sempre, fazendo alguns cálculos, obter o número 28. No limite já não há cubos à vista.

Com a energia passa-se algo de semelhante. É como se os cubos escondidos representassem as várias formas de energia. Fazendo uma série de cálculos somos capazes de obter sempre o mesmo número. A diferença está em que no caso dos cubos sabemos o que é um cubo enquanto que no caso da energia dispomos só da quantidade, mas não sabemos de facto se alguma «coisa» estará por detrás dessa quantidade.

Ogborn (1986) critica quem, como Feynman, faz da energia um conceito puramente abstracto, afirmando que essa posição corresponde a uma abordagem à séc. XIX<sup>(5)</sup>. «A energia tem uma propriedade muito real: é a origem da gravidade» (Ogborn, 1988)<sup>(6)</sup>.

Retomando a conceptualização da energia centrada nas ideias de conservação e «degradação», podemos ainda considerar várias perspectivas metodológicas na abordagem do princípio da conservação:

- perspectiva indutivista;
- perspectiva instrumentalista;
- perspectiva centrada na reflexão histórica e epistemológica.

Em vez de se escolher entre a perspectiva indutivista que ensina a lei de conservação da energia como um resultado experimental, e a perspectiva instrumentalista que a vê como uma convenção ou definição, o aluno deveria seguir as fascinantes discussões entre os grandes cientistas (Elkana, 1970).

A história do princípio de conservação da energia é muito rica: este princípio foi estabelecido «simultaneamente» por mais de uma dezena de cientistas, no séc. XIX, seguindo caminhos muito diferentes. Há textos disponíveis (haveria que os traduzir e adaptar) que seriam um bom ponto de partida para promover o debate na sala de aula<sup>(7)</sup>.

Do ponto de vista epistemológico a energia desempenha um papel muito importante, pois vai de encontro à nossa reconhecida procura de quantidades invariantes, fundamentais em Física (Sextl, 1981) e de inegável importância em Psicologia do Desenvolvimento, nomeadamente pelo célebre conceito piagetiano de Conservação<sup>(8)</sup>. Sextl (1981) propõe que se comece com exemplos muito simples, por exemplo a queda livre, e se chame a atenção para o facto admirável de por detrás das variações de velocidade e de altura haver uma quantidade que permanece constante. Deve-se passar, depois, para situações mais complexas e valorizar o aspecto de haver sempre uma quantidade que se mantém constante, para além das múltiplas transformações que observamos.

<sup>(5)</sup> Talvez não tenha muita razão em dizer que é à séc. XIX, pois embora tenha havido abordagens muito diferentes deste conceito nesta época, havia, por influência da corrente filosófica de então («filosofia da natureza») a convicção de que havia algo que permanecia constante no meio de tanta diversidade. Esse algo não era certamente para esses cientistas, só um número.

<sup>(6)</sup> Duit, 1981, faz referência ao facto da maioria dos estudantes preferirem os conceitos de energia estabelecidos por Mayer, Joule e Helmholtz, que proporcionam algo de mais profundo do que uma pura quantidade.

<sup>(7)</sup> Existem alguns textos de Mayer, Joule, Lazare Carnot, Sadi Carnot e de outros traduzidos pelo grupo: «Epistemologia da Física para a Formação de Professores» — programas de pesquisa. Universidade de São Paulo (Amélia Império Hamburger, 1988).

<sup>(8)</sup> As várias conservações cronologicamente consecutivas são: quantidade de matéria, peso e volume. Sendo energia o limite epistemológico para que tende o conceito de conservação. Segundo esta óptica o 1.º princípio da termodinâmica seria uma mera tautologia.

Uma abordagem epistemológica, centrada na argumentação, ajudará à configuração de um mundo, por parte do professor e dos alunos, em que a energia que se conserva e se «degrada» poderá proporcionar a compreensão de muitos dos fenômenos que ocorrem na natureza e dos problemas que se põem à nossa sociedade.

Para além disto, o princípio da conservação da energia representa também um instrumento de pensamento, aspecto importante na educação científica. Como diz Sexl (1981), é a constância da energia total que dá tanta importância a este conceito físico e não uma maior ou menor ligação à experiência. A energia aqui é também um conceito teórico que escapa a qualquer tentativa de operacionalização.

#### 4. Conclusão

Há dois aspectos de grande importância no que diz respeito ao ensino/aprendizagem da energia: o social e o da conceptualização<sup>(9)</sup>.

Na nossa abordagem configuracionista os dois aspectos devem estar intimamente ligados. A Física tem de ser capaz de ir ao encontro da experiência das pessoas e de mudar a sua maneira de ver o mundo. Já o vai fazendo através de bons trabalhos de divulgação. Ao nível da educação em Física há que abordar de uma forma simples, mas séria, sistemas mais complexos que tenham mais a ver com o mundo em que vivemos e não centrarmos só a nossa atenção em situações que, de tão simplificadas, já nada têm a ver connosco.

Se queremos proporcionar aos nossos alunos uma aprendizagem significativa e relevante da Física, teremos, então, de conseguir formas de ligar a Física ao «mundo» (físico e social) e à vida. No que diz respeito à energia não podemos ignorar, por exemplo, o caso dos sistemas abertos e longe do equilíbrio — como diz Ogborn (1989)<sup>(10)</sup> falar de energia também é falar de flores e de pessoas.

A conceptualização da energia passa, necessariamente, pelo princípio da conservação. Para dar «sentido» a este princípio tem de se intro-

duzir o conceito de «degradação» da energia, já que o princípio da conservação é um princípio contra-intuitivo.

O conceito de degradação pode ser introduzido de uma forma simples, com pequenos exemplos e recorrendo a analogias simples (como por exemplo: quando utilizamos a água no banho, esta deixa de ser utilizável mas não desaparece enquanto água, Schlichting, 1989).

Neste contexto, tem toda a razão de ser a introdução de alguns problemas da nossa sociedade como a preocupação por uma política energética racional, que passará também pela diminuição da quantidade de energia degradada. Para isso o professor deverá apresentar algumas situações que levem os alunos a sugerir formas de diminuir a quantidade de energia degradada.

O professor deve centrar os estudos energéticos em situações que tenham a ver com os interesses do dia a dia dos alunos (exemplos: estudo do aquecimento da sua própria casa, estudos de dieta e emagrecimento, etc.).

Mas, para além dos aspectos anteriormente salientados, uma abordagem configuracionista do conceito de energia pressupõe que este conceito seja abordado não numa perspectiva compartimentada, mas sim integradora. Assim, os professores de disciplinas como Física, Química, Biologia ou Ciências do Ambiente, devem cooperar no sentido de, em conjunto, encontrarem estratégias de abordagem compatíveis com a verdadeira «vocação» interdisciplinar do conceito de energia.

---

<sup>(9)</sup> Há um outro aspecto que também merece atenção: o tecnológico.

<sup>(10)</sup> Comunicação apresentada na Hungria em Setembro de 1989 na «International Conference on Energy Alternatives, Risk Education».

#### BIBLIOGRAFIA

- DRIVER, R. e WARRINGTON, L. — Students use of the principle of energy conservation in problem situations; *Physics Education*, 20 (1985).
- DRIVER, R. — Teaching energy in schools; towards an analysis of curriculum approaches; Pro-

- ceedings of an invited conference: teaching about energy within the secondary school (1986).
- DUIT, R. — Understanding energy as a conserved quantity—Remarks on the article by Sexl; *Eur. J. Sci. Educ.*, vol. 3, n.º (1981).
- DUIT, R. — In search of an energy concept; Proceedings of an invited conference; teaching about energy within secondary science curriculum (1986).
- ELKANA, Y. — Science, Philosophy of Science and Science Teaching; *Educ. Phil. and Theory*, vol. 2 (1970).
- GIL, F. — Provas; *Estudos Gerais*, Série Universitária (1986).
- KUHN, T. S. — The Essential Tension; Universidade de Chicago (1977).
- OGBORN, J. — Energy and fuel—the meaning of «the go of things»; Proceedings of an invited conference: teaching about energy within the secondary science curriculum (1986).
- SANTOS, B. B. — Um discurso sobre as Ciências; *Edições Afrontamento* (1987).
- SEXL, R. U. — Some observations concerning the teaching of the energy concept; *Eur. J. Sci. Educ.*; vol. 3, n.º 3 (1981).
- SOLOMON, J. — Learning about energy: how pupils think in two domains; *Eur. J. Sci. Educ.*; vol. 5, n.º 1 (1983).
- SOLOMON, J. — Teaching the conservation of energy; *Physics Education*, 20 (1985).
- SCHILICHTING — Saving energy as a news energy resource; Comunicação apresentada na «International Conference on Energy Alternatives, Risk Education; Balaton, Hungria (1989).



## OLIMPIADAS SPF 1990

### PROVAS NACIONAIS

No passado dia 27 de Setembro decorreu na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, durante a 7.ª Conferência Nacional de Física, a Etapa Nacional das Olimpíadas de Física 90.

Foram vencedoras nas diferentes provas as seguintes equipas:

#### PROVA TEÓRICO-EXPERIMENTAL

- 9.º ano—Sara Alexandra Azinheira Vaz  
Vitor Manuel Santos Cardoso  
Oscar João Dias  
*Escola Secundária Eça de Queiroz—Póvoa de Varzim*

- 11.º ano—Ana Catarina Almeida Sampaio  
Maria José Giesteira Pereira  
Paulo Jorge dos Santos Rodrigues  
*Escola Secundária Eça de Queiroz—Póvoa de Varzim*

### PROVAS DE CRIATIVIDADE

#### Dispositivo Experimental

O júri deliberou atribuir o prémio ex-aequo às seguintes equipas:

- Alice Paula Alves Urbano  
Mafalda Susana Sousa  
Vitor Jorge Rodrigues Nobre  
*Escola Secundária de Raul Proença—Caldas da Rainha*
- Vitor Manuel de Azevedo Pimentel  
João Paulo Duarte Santos  
Luís Miguel Araújo Rosas  
*Externato de N. Sr.ª do Perpétuo Socorro—Porto*

#### Programa de Computador (a indicar em próxima Gazeta)

#### Outras (painel, jogos, trabalho áudio-visual...)

- Joana Silva  
Pedro Vieira  
Ana Rita Marto  
*Escola Secundária Maria Lamas—Torres Novas*

### TEXTOS DAS PROVAS

#### PROVA TEÓRICO-EXPERIMENTAL — 9.º ano (Duração 1 h)

#### ACTIVIDADE 1

Todos os automóveis têm um sistema mecânico (macaco) que é utilizado quando é necessário mudar uma roda.

Verifiquem se sobre a vossa mesa de trabalho se encontra o seguinte material:

— «Macaco» de um carro e respectiva manivela, Fita métrica, Folhas de papel, Régua.

1. Rodem a manivela e observem o comportamento do «macaco».

Façam um esquema do «macaco» e utilizem-no para representar vectorialmente e caracterizar uma força que actuando num determinado instante na manivela possa fazê-la rodar.