



## **GUIA DO PROFESSOR**

### **OPERAÇÃO: ESTOURO DA PIPOCA**

#### **Introdução**

Caro Professor, para que o aluno observe e perceba que a Física está presente nas mais diversas situações da Natureza, desde as sofisticadas atividades que envolvem equipamentos de alta tecnologia até as mais simples tarefas do seu cotidiano, apresentamos-lhe este Objeto de Aprendizagem. Nele são discutidos os conceitos de temperatura e pressão envolvidos num trivial estourar da pipoca.

Com este Objeto o aluno poderá aprender que um grão de milho de pipoca estoura apenas quando submetido a temperaturas suficientemente altas para transformar em vapor a água que existe dentro do grão. O aluno vai interagir variando a temperatura da pipoqueira e observando o que acontece com as pipocas: temperaturas baixas ( $<100^{\circ}\text{C}$ ) o grão de milho vai pular, mas não estoura. Para temperaturas entre  $100^{\circ}\text{C}$  e  $150^{\circ}\text{C}$  o milho estoura e se transforma numa bela cabeleira branca. Apenas Muito acima de  $150^{\circ}\text{C}$  o calor transmitido para o milho vai ser tão intenso que o milho irá queimar.

Considerando que o volume da pipoca continua constante, mesmo com o aumento da temperatura, o vapor faz a pressão interna da pipoca aumentar, e esta pressão age sobre cada ponto da casca da pipoca. Como a casca tem força de resistência, em cada ponto da casca da pipoca agem então duas forças na mesma direção, mas sentidos contrários: a força do vapor e a força de resistência da casca. Aliás, agem três forças: além da força de resistência da casca a força do vapor precisa vencer também a força externa ao milho, essa força externa é a pressão ambiente. Lembrando que pressão é a força aplicada em um ponto ou em uma área.



Com o aumento da temperatura, aumenta a pressão e, portanto, aumenta a força que empurra a casca. Quando essa força do vapor se torna maior do que a força de resistência da casca: *PLOC!* O milho estoura e temos então uma macia e saborosa pipoca!

E o que será que a pipoca quentinha tem a ver com a sensação estranha que sentimos em nossos ouvidos, por exemplo, quando "descemos a serra", em direção à praia? isto é, nos dirigimos para o litoral cuja referência é o nível do mar.

É que quando descemos a serra mudamos de altitude e a pressão ambiente varia. Esta é a força externa que age sobre todas as coisas e o nosso ouvido é a parte do corpo onde isto é mais facilmente percebido. Na praia a pressão é um pouco maior do que em locais de maior altitude, então quando estamos chegando ou deixando o nível do mar. percebemos a mudança da pressão, isto porque dentro do nosso corpo também existe uma pressão que 'resiste' à pressão externa. Também o milho da pipoca sofre a ação desta força externa, por exemplo, em lugares de grande altitude a pressão atmosférica é menor e a pipoca estoura mais facilmente.

## **Objetivos**

Com este Objeto pretende-se despertar a curiosidade de alunos do Ensino Médio sobre o que acontece para que um grão de milho transforme-se numa exuberante pipoca, mas muito mais que isso, o aluno poderá perceber que até com uma simples pipoca há muita coisa para se aprender, inclusive um pouco de Física!

O OA proporciona ao aluno, a partir das observações ao interagir com este, oportunidade para constatar que a pressão interna de um corpo aumenta sempre que houver aumento da temperatura. No caso da pipoca o aluno poderá:

- Constatar que os grãos de milho de pipoca necessitam do calor da chama de um fogão ou da energia elétrica da pipoqueira ou do forno de micro-ondas para estourarem.



- Observar que o milho de pipoca não estoura bem com temperaturas baixas ou chamas pequenas ou potências muito baixas do forno de micro-ondas.
- Observar que quando há aumento de temperatura o calor fornecido faz com que os grãos comecem a se agitar, pelo ganho extra de energia e essa energia do movimento é a energia cinética das moléculas;
- Constatar que, com o aumento da temperatura a água (umidade) que existe dentro da pipoca passa do estado líquido para o vapor, que passa a exercer pressão sobre a casca do milho;
- Constatar que a força exercida pelo vapor sobre um ponto ou área da casca é a pressão do vapor neste ponto ou área, que pode ser representada por uma flechinha (vetor). A força de resistência da casca neste mesmo ponto ou área é a pressão da casca e que também pode ser representada por uma flechinha. O vetor pressão do vapor (PV) e o vetor pressão da casca (PC) terão a mesma direção, mas sentidos contrários. Eles serão representados por flechinhas paralelas (mesma direção), mas apontando sentidos contrários PV aponta para o ponto da casca e PC sai desse mesmo ponto da casca: ou seja, têm a mesma direção, mas sentidos contrários.
- Observar que a pressão externa ao grão de milho (PE) soma-se à pressão da casca (PC) e, juntas, resistem à pressão interna do vapor (PV).
- Observar que se a temperatura continuar a aumentar, a pressão do vapor vai crescer e quando a força do vapor (PV) for maior que a soma da força de resistência da casca do milho (PC) mais a pressão externa (PE), o grão vai estourar. Matematicamente podemos escrever: a casca do milho se rompe quando  $PV > PC + PE$ . O aluno poderá representar essa desigualdade com as flechinhas (vetores).
- Observar que a casca do grão do milho não tem espessura uniforme, o que significa que há áreas de diferentes resistências. Assim, na área onde o grão esteve preso ao sabugo a resistência é maior e, portanto, o grão nunca se rompe nesta região.



- Comparar as diferentes condições de pressão atmosférica ou do ar que influenciam também as condições do estouro da pipoca, facilitando ou dificultando esse estouro: no topo da montanha a pressão do ar é menor, então a pipoca estoura mais facilmente enquanto que, dentro da panela de pressão fechada onde a pressão externa é muito maior, a pipoca não estoura ou tem mais dificuldades para estourar.

### **Pré-Requisitos**

Diante de um tema corriqueiro como o preparo de uma pipoca, serão abordados conceitos importantes como pressão e temperatura, portanto, é preferível que o módulo seja aplicado após uma reflexão expositiva sobre gases ideais. Salientamos que não é necessário que o professor exponha todo o conteúdo, pois nessa abordagem de construção do conhecimento, este é construído a partir do uso do OA.

Propõe-se também uma discussão inicial, coordenada pelo professor, dos elementos essenciais para o estouro bem sucedido da pipoca:

- Umidade dentro do grão de milho de pipoca;
- Pressão interna e externa ao grão;
- Temperatura;
- Relação entre temperatura, pressão e volume de um sistema;
- Representação matemática da relação entre o vetor PV e o vetor PC:
  - a) a pipoca não estoura quando  $PC > PV$ , em temperaturas baixas ( $T < 150^{\circ}\text{C}$ );
  - b) a pipoca estoura quando  $PV > PC + PE$ , em temperaturas  $T \sim 150^{\circ}\text{C}$ ;
  - c) a pipoca estoura mais facilmente em locais de grande altitude, quando a pressão externa à pipoca (PE) é menor do que 1 atm,
- Representação vetorial, das flechinhas representando as pressões PV, PC e PE, nas diferentes situações.



Ao fornecer um calor específico (temperatura média de 150°C) ao grão de milho, a umidade dentro do grão é convertida em vapor, por isso a pressão interna aumenta e força a casca do milho a romper e o grão explode, transformando a parte interna em uma massa branca, composta de amido, macia e muito saborosa. E essa umidade dentro do grão depende também das condições climáticas de quando ele foi produzido, ou seja, depende da temperatura média do ar que a plantação de milho foi submetida (Barbano et al., 2003).

*O pequeno grão de amido gelatinizado não estoura, porém se expande em pequenas bolhas gelatinosas. As bolhas próximas se fundem e solidificam formando uma malha tridimensional, parecida com uma pia cheia de espuma de sabão. Esta é a parte branca e fofa que comemos. <sup>1</sup>*

### **Tempo previsto para as atividades**

Sugere-se que o objeto seja trabalhado em uma aula de quarenta e cinco minutos, sem contar o tempo dispensado para as aulas teóricas (que podem ou não ser realizadas, de acordo com o contexto e interesse dos alunos). Após a utilização do módulo é didático aplicar atividades complementares como elaboração de textos tratando dos conceitos abordados, montagem de gráficos e tabelas para verificação quantitativa (dados estatísticos) das variações de temperatura e pressão ou até propor uma aula extra-curricular de culinária. Uma sugestão interessante seria a experimentação, onde os alunos possam ir à cozinha e verificar como se dá o estouro das pipocas, saboreando-as depois.

### **Na Sala de Aula**

Seria interessante um diálogo preliminar e também após a aplicação do Objeto, entre professor e alunos, para o levantamento de algumas curiosidades e



questões pertinentes: incentivando-os a refletir e relacionar o processo físico do estouro da pipoca com outras experiências, onde haja variação da pressão com aumento da temperatura e as respectivas consequências.

Com as atividades propostas no Objeto, o aluno interage com o objeto variando a temperatura a que o grão de milho é submetido, e poderá observar que quanto maior a temperatura maior o calor transferido para o milho e maior será a pressão do vapor interno do grão de milho. A pressão ou força exercida pelo vapor sobre a casca interna do grão é representada pela flechinha (vetor). Quanto maior a temperatura, maior a pressão resultante, ou seja, é observável a relação direta, são grandezas diretamente proporcionais neste caso, onde a constante de proporcionalidade será o volume. A força de resistência da casca será indicada por outro vetor, na mesma direção do vetor pressão do vapor, mas em sentido contrário. A pressão externa será também nesse sentido, somando-se à resistência da casca. No local onde a casca é mais grossa será maior a força de resistência e o grão vai estourar onde a casca for mais fina, de menor resistência.

O grão carunchado, com um furo, ou se furarmos a parte externa de alguns grãos (casca dura) com uma agulha ou alfinete eles não vão estourar, pois o sistema não é fechado, o vapor escapa e a pressão não aumenta.

O grão seco não terá umidade (água) interna suficiente para que a pressão aumente e, portanto, o grão não vai estourar.

A atividade onde o aluno escolherá o local que deseja fazer a sua experiência: litoral ou montanhas, vai permitir uma maior percepção da influência da pressão atmosférica (diminui conforme altitude, isto é, a altura em relação ao nível do mar) e o aluno vai experimentar nova situação, onde o vetor pressão externa será menor em local de grande altitude em relação ao nível do mar.

- Ao expor o grão de milho a temperaturas muito altas ou por um tempo prolongado, não haverá estouro (pois secará a umidade interna da semente).



- Não haverá pipoca boa se a temperatura fornecida for abaixo de 150°C (pois a pressão interna da pipoca aumenta de acordo com o aumento de temperatura; esta deve ser aproximadamente igual a 150°C).

### **Preparação**

Independentemente da sala de aula ou salas ambientes de informática das escolas é importante que os alunos sejam estimulados a trabalhar em equipe contando com o incentivo do docente quanto ao desenvolvimento de questionamentos, observações e discussão.

Porém, um número muito grande de alunos por computador talvez dificulte o desempenho e a realização das atividades, portanto, se necessário, sugerimos a divisão de grupos e turnos de revezamento caso os microcomputadores sejam insuficientes para atender satisfatoriamente a classe toda de uma só vez.

### **Requerimentos Técnicos**

Para utilização do objeto é necessário navegador *Web* com *plug-in* do *Adobe Flash Player 8* ou superior.

Disponível em [www.adobe.com.br](http://www.adobe.com.br)

### **Durante a Atividade**

No decorrer da atividade é importante a presença do professor para esclarecimentos de eventuais dúvidas. Os alunos, por sua vez, devem fazer anotações dos pontos mais interessantes para, num segundo momento, retomarem o conteúdo ou usufruir desses dados para realização dos trabalhos formativos de avaliação.

### **Depois da Atividade**

#### **Questões para discussão**

- Por que a pipoca não estoura ao utilizarmos uma panela de pressão hermeticamente fechada?





A pipoca até estoura desde que seja aquecida sem a tampa, fechando a panela apenas no momento que houver os primeiros estouros sofrendo influência apenas da pressão atmosférica que não é suficientemente grande para impedir o rompimento da casca. Caso contrário a pressão interna da panela torna-se maior que a pressão interna do milho da pipoca, dificultando o seu estouro.

- Por que a pipoca estoura mais facilmente em grandes altitudes, como por exemplo, em Quito no Equador?

Porque em grandes altitudes a pressão atmosférica é menor em relação à pressão atmosférica do nível do mar (ver Design Pedagógico). Se pressão e temperatura são diretamente proporcionais e a pressão do vapor precisa 'vencer' uma pressão externa menor, então a temperatura necessária para pipoca estourar também será menor. De fato, todas as substâncias, quando submetidas a diferentes pressões, têm seus pontos de fusão, ebulição e até de estourar, modificados. Isto é, esses valores são relativos, mudam, dependem das condições em que se encontra o material. Por isso as rochas dentro da Terra não 'derretem' tão facilmente, mesmo que a temperatura seja altíssima. Estima-se que o interior da Terra esteja em torno de  $5.500^{\circ}\text{C}$ , no entanto, boa parte do seu núcleo é sólida, pelo menos se comporta como sólido.

- Por que a pipoca ressecada e a pipoca furada não se transformam em 'cabeleiras brancas'?

A casca do grão de milho arrebenta por causa da pressão do vapor originado da umidade dentro do grão, quando este é submetido a temperatura em torno de  $150^{\circ}\text{C}$ . Portanto, um grão ressecado não possui umidade ou água suficiente para produzir o vapor. E no grão furado o vapor escapa e a pressão do vapor é insuficiente para vencer a pressão da casca e do ambiente.

- Por que os alimentos cozinham mais rapidamente na panela de pressão?

Porque a panela de pressão retém o vapor, há um aumento considerável da pressão e também da temperatura interna, o que faz com que os alimentos cozinham mais rapidamente. Resumindo, a panela de pressão não desperdiça o





calor! Um *site* onde se pode ler sobre este assunto:  
<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/fc/versaodolivro2.pdf>

### **Dica**

O professor pode realizar uma aula prática em um laboratório para verificar empiricamente os efeitos da temperatura e pressão. Poderão ser selecionados vários grupos de milho: 1) expostos ao calor por um longo período; 2) grãos de milho furados; 3) grãos de milho comuns, normais e sujeitos a diversas situações como 1) preparados na panela de pressão, 2) preparados em uma panela comum, 3) preparados sem óleo ou outro fluido que os envolva e transmita o calor, 4) a temperaturas inferiores a 150 °C.

Seria interessante também proporcionar ao aluno uma continuação da discussão sobre o milho da pipoca, para trabalhar idéias sobre como o milho ‘cresce’, quanto tempo demora a cultura do milho entre plantar e colher, as condições climáticas necessárias para uma boa produção, qual a razão do grão de milho estourar apenas na parte fina e não na parte onde ficou grudada na espiga, etc..

O professor pode conversar com os alunos sobre o ‘nascimento’ do grão de milho em sua respectiva espiga para que ele tivesse mais uma comprovação de que o estouro da sua pipoca não ocorre justamente na parte do grão onde ele estava grudado no sabugo. No restante do grão há incidência do sol, a casca do grão sofre expansão e torna-se mais fina. O professor pode relacionar a casca do grão crescendo com um balão de festa.

As condições climáticas durante o crescimento do grão de milho influenciam na qualidade do milho, ou seja, na quantidade da umidade dentro do grão, o que garantirá uma pipoca maior ou menor. No computador podem ser simuladas condições variadas de calor e umidade do ar enquanto os grãos da espiga estão crescendo. As melhores condições climáticas ocorrem no verão (novembro, dezembro e janeiro) para a região Sudeste.



Na atividade aonde ele coloca o milho na pipoqueira, poderíamos ter a possibilidade de mostrar ao aluno que o grão de milho não estoura em uma panela normal se não houver óleo, pois o óleo além de ter a função de não deixar grudar o milho na panela ele facilita a transferência do calor da panela para o grão. Desta maneira o aluno poderá entender a diferença de fazer pipoca em uma panela comum e em uma pipoqueira (que já lhe fornece o calor suficiente e não necessita de óleo).

### **Avaliação**

A avaliação pode ser baseada na compreensão dos conceitos abordados, trabalho em equipe e interesse dos alunos; podem ser propostos relatórios nas aulas práticas, elaboração de um texto explicativo após a utilização do objeto ou dividir a sala em grupos para que cada grupo apresente uma aula sobre os gases ideais utilizando outros exemplos, relacionando a física estudada nas salas de aula com o cotidiano.

### **Atividades Complementares - Para saber mais**

De acordo com o *site HowStuffWorks* (em Português: como as coisas funcionam) a pipoca significa pele estourada do tupi antigo pira= pele e pok= estourar.

Sugerimos a leitura indicada na bibliografia e a realização de exercícios e soluções de problemas relacionados a gases ideais.

### **Bibliografia**

1. (Barbano, M.T.; Sawazaki, E.; Brumini, O.; Gallo, P.B & Paulo, E.M. Temperatura base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) no subperíodo emergência~florescimento masculino.



Ver. Brás. De Agrometeorologia , Santa Maria, V. 11, N. 1, p 79-84, 2003.

2. BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Física*/ Secretaria da Educação Fundamental. – Brasília: MEC/ SEF, 2000.
3. GASPAR, A.; Física 2. Ópticas, Ondas e Termodinâmica. São Paulo, Ática, 2000.
4. GREF, Física 2. Física Térmica e Óptica. Ed. Edusp 5ª ed. 1995
5. HALLIDAY, D.; RESNICK, R. & WALKER, J. Fundamentos de Física 2. Ed. LTC 6ª ed.

**Sites acessados:**

<http://educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/fc/versaodolivro2.pdf>

<http://casa.hsw.uol.com.br/questao255.htm>