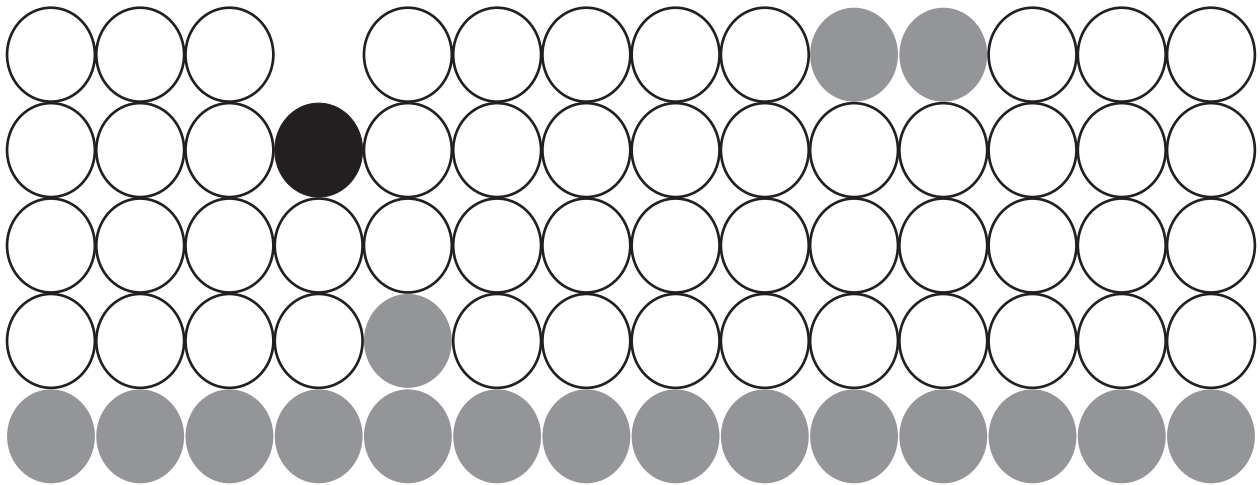


TEXTOS DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

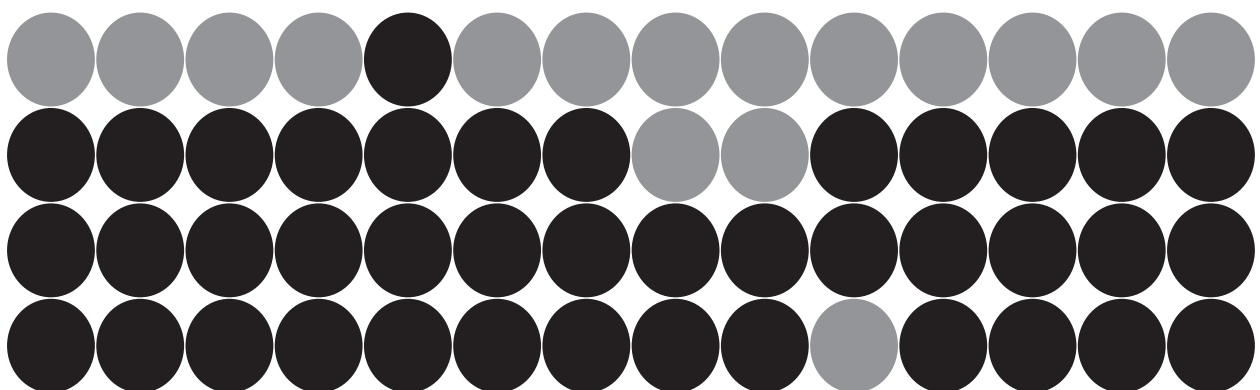
v.25 n.2 2014

ISSN 1807-2763



UMA PROPOSTA PARA A INTRODUÇÃO DOS PLASMAS NO ESTUDO
DOS ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA NO ENSINO MÉDIO

Luis Galileu G. Tonelli



Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Textos de Apoio ao Professor de Física, v.25 n.2, 2014.
Instituto de Física – UFRGS
Programa de Pós – Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Editores: Marco Antonio Moreira
Eliane Angela Veit

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Setor de Processamento Técnico
Biblioteca Professora Ruth de Souza Schneider
Instituto de Física/UFRGS

T664p Tonelli, Luís Galileu Gall

Uma proposta para a introdução dos plasmas no estudo dos estados físicos da matéria no Ensino Médio / Luís Galileu G. Tonelli – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2014. 39 p.; il. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v. 25 , n.2)

1. Ensino de Física 2. Ensino Médio 3. Física da matéria condensada 4. Plasmas I. Título II. Série.

PACS: 01.40.E

Impressão: Waldomiro da Silva Olivo
Intercalação: João Batista C. da Silva

TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

Uma proposta para a introdução dos plasmas no estudo dos estados físicos da matéria no Ensino Médio

Luis Galileu Gall Tonelli

Produto educacional da dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, realizado sob a orientação do Prof. Dr. Marco Antonio Moreira, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da UFRGS.

2014

SUMÁRIO

SUMÁRIO	3
1. Introdução	5
2. A elaboração da Unidade de Ensino Potencialmente significativa	7
3. Material de apoio	11
3.1 Situação inicial	11
3.2 Questionamentos iniciais	11
3.3 Vídeo palestra	11
3.4 Aprofundando conhecimentos	12
3.5 Nova situação (artigo e mapas conceituais	17
3.6 Diferenciando progressivamente	21
3.7 Avaliação final individual	31
3.8 Avaliação conjunta da UEPS	32
3.9 Avaliação final da UEPS	32
4. REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA ADICIONAL	33

1. Introdução

Durante todo o seu tempo como professor de Física no Ensino Médio, o maior objetivo do autor sempre foi fazer com que os alunos gostassem de Física por verem na disciplina muito mais do que apenas cálculos e fórmulas matemáticas com o objetivo de encontrar apenas um número como resposta a uma pergunta bem específica. Sempre viu na Física, e em seus conteúdos, uma possibilidade de aumentarmos nossa compreensão do mundo que nos cerca, principalmente no que diz respeito a compreender as transformações tecnológicas que passamos e as que estão por vir.

Acredita ainda que para que a apropriação do conhecimento aconteça de forma que o aluno possa posteriormente utilizá-lo é preciso que este conhecimento seja significativo para o mesmo. Para tanto, envolver o aluno com a produção do saber passa a ser também importante e desta forma fomentar nele o interesse, apontando situações em que este conhecimento possa ser útil, é fundamental na sua visão.

Transformar o professor em um mediador da discussão e não apenas um transmissor de informações e um avaliador do processo pode também aproximar mais o aluno do conhecimento, à medida que este não se sinta mais pressionado a fornecer uma resposta correta acerca de um determinado tema. Também o professor fica mais disponível assim, livre da carga de mediador de respostas corretas, para ajudar o aluno e negociar significados para os conteúdos.

As transformações que a educação no Brasil vem passando como, por exemplo, a reformulação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), apontam a necessidade de buscarmos novos caminhos. Devemos pensar, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), no desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos para que, além da resolução de problemas clássicos encontrados nos vestibulares, situações-problemas reais possam ser confrontadas com visão crítica, visando tomadas de decisões. Os PCNs mencionam ainda o desenvolvimento de habilidades tais quais, a capacidade de selecionar, analisar, interpretar e relacionar informações e dados. Que o aluno seja capaz de interpretar dados e tabelas que vão além das tabelas das aulas de Física, sendo assim a educação deve ampliar a visão de mundo do aluno e não restringi-la a apenas a resolução matemática de problemas substituindo letras por números em algoritmos.

Com base nisto o presente texto propõe uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS; Moreira, 2011) para se trabalhar os Estados Físicos da Matéria e introduzir o estudo dos Plasmas na 2ª série do Ensino Médio de uma forma mais profunda que promova também debates relacionados à atual busca por fontes alternativas de energia, mostre que a pesquisa, e para tal o seu

custo, não se configura como gasto e sim como investimento. Há também a tentativa de introduzir uma nova ferramenta junto com o estudo dos estados físicos, que pode vir a ser utilizada para potencializar o aprendizado não só em Física, mas também em outras disciplinas, os Mapas Conceituais (Moreira, 2006).

A UEPS aqui proposta foi preparada com base nas experiências que o autor teve introduzindo plasmas e o condensado de Bose–Einstein no Ensino Médio desde ano 2002, quando começou seu trabalho como professor de Física em tal nível de ensino. O tema sempre despertou curiosidade e até espanto por parte dos alunos e por isso pareceu um bom motivador para o estudo da Física e sua aplicação nas tecnologias atuais. Apesar de os jovens se relacionarem de forma intensa com as tecnologias atuais não as compreendem e o estudo dos plasmas me pareceu um bom ponto de partida. O próprio autor teve seu contato formal com plasmas durante a preparação das primeiras aulas de Física para o Ensino Médio, tendo passado a graduação sem que o tema fosse abordado nas disciplinas cursadas.

2. A elaboração da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

A elaboração do material didático seguirá especificamente a ideia de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) proposta por Moreira (2011).

As UEPS são compostas por etapas que buscam promover a aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2011), as UEPS têm como princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino;
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno;
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino;
- essa relação poderá ser quádrlica na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica;
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés de memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono de narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

Passos da UEPS

São oito os passos das UEPS, conforme Moreira (2011), cabendo ao professor buscar a melhor forma de segui-los:

1. definir o tópico a ser abordado, identificando os aspectos declarativos e procedimentais de acordo com o tópico escolhido;

2. criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, situação-problema, etc. - que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;

3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema ainda que introdutórias devem envolver, desde já, o tópico a ser ensinado; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas para isso o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino,..., mas sempre de modo acessível e problemático, isto é, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, isto é, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (isto é, aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de uma breve exposição oral, de um recurso computacional, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, e deve necessariamente envolver negociação de significados e mediação do professor;

6. concluindo a unidade, dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser uma breve exposição oral, leitura de um texto, recurso computacional,

audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em nível mais alto de complexidade em relação às situações anteriores, essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do professor;

7. a avaliação da aprendizagem decorrente da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação anotando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo da mesma; além disso, deve haver uma avaliação somativa após o quinto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na área; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (registros do professor) como na avaliação somativa;

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

3. Material de apoio

A seguir, o conteúdo de apoio é apresentado conforme a sequência que foi utilizada pela UEPS de plasmas.

A unidade apresentada tem duração prevista de, 17 aulas, porém pode ser adaptada conforme a necessidade de cada professor ou escola baseando-se no seu tempo disponível ou conhecimento prévio dos alunos.

3.1 Situação Inicial

Incentivar os alunos a expressarem suas ideias sobre a constituição da matéria e das diferenças entre os estados físicos da matéria. Partindo dessas ideias para a construção de um Mapa Mental (Buzan, 2002) em conjunto com a turma. A construção do mapa pode ser feita no próprio quadro da sala de aula.

3.2 Questionamentos iniciais

As questões a seguir devem ser realizadas primeiro individualmente, depois discutidas em grupos menores (sugerem-se grupos de 3 ou 4 alunos) e por fim apresentadas ao grande grupo.

- a) Quais as diferenças macroscópicas entre os estados físicos da matéria?
- b) Quais as diferenças microscópicas entre os estados físicos da matéria?
- c) Do que os materiais são feitos?
- d) Quantos estados físicos da matéria existem?
- e) Você já leu ou ouviu falar sobre plasmas? O quê? Onde?
- f) Como e por que ocorre uma mudança de estado físico?

3.3 Vídeo palestra

No terceiro momento de aula, após realizadas as discussões e o compartilhamento das ideias os alunos assistem ao vídeo palestra do Prof. Dr. Luiz Fernando Ziebell: *Os Plasmas, o que são e onde estão?*, que está disponível em:

Parte 1. http://www.youtube.com/watch?v=FV_HtkYmc-I,

Parte 2. <http://www.youtube.com/watch?v=Ysgo2XCkUlc> e

Parte 3. <http://www.youtube.com/watch?v=CSqYeOa2EKA>

Após o vídeo solicitar aos alunos que produzam cartazes e/ou maquetes partindo das explicações dadas no vídeo palestra. Os alunos devem ser incentivados para que os cartazes e maquetes contenham imagens e textos explicativos e os trabalhos produzidos podem ser expostos na escola e também utilizados para avaliação de forma qualitativa pelo professor.

3.4 Aprofundando conhecimentos

Nesta etapa caberá ao professor conduzir o aprofundamento no estudo dos plasmas a partir de textos e ferramentas digitais. Sugerimos abaixo dois textos e um aplicativo digital tais como usados na UEPS em questão.

No primeiro momento sugere-se iniciar a introdução dos estados físicos da matéria através do aplicativo *States of Matter*: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/states-of-matter>. Existe inclusive uma versão do mesmo traduzido para o português e que pode ser obtido em: https://phet.colorado.edu/en/simulations/translated/pt_BR. O aplicativo dispõe de um guia em inglês, para professores, disponível online em: <http://phet.colorado.edu/files/teachers-guide/states-of-matter-guide.pdf>. Torna-se possível discutir inúmeros conceitos relacionados aos estados físicos sólido, líquido e gasoso, permitindo posteriormente a melhor compreensão do estado de plasmas.

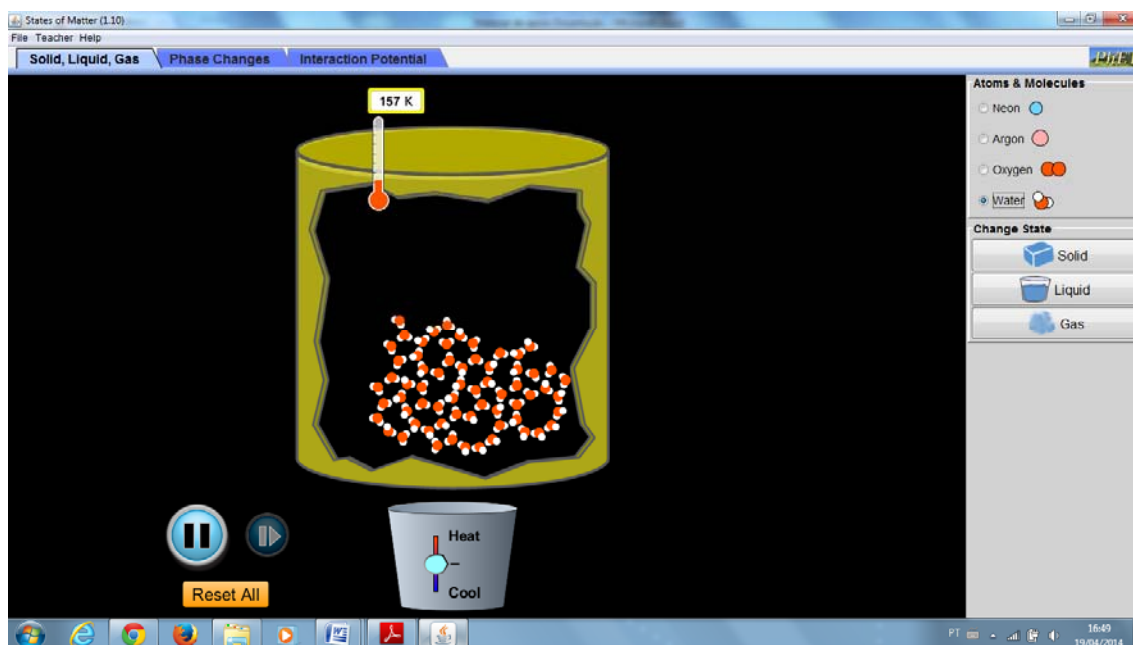


Figura 1 – *Printscreen* do aplicativo *States of Matter*

O aplicativo (fig. 1) permite que se escolha entre 4 elementos, neônio, argônio, oxigênio e água, que podem transitar entre os estados sólido, líquido e gasoso. A transição pode ser realizada usando-se os botões no menu a direita ou através do aquecedor e resfriador na parte central abaixo do recipiente que armazena os elementos. Ainda é possível analisar, através de abas, na parte

superior da janela, o diagrama de mudança de fases (fig. 2) ou o potencial de interação entre moléculas.

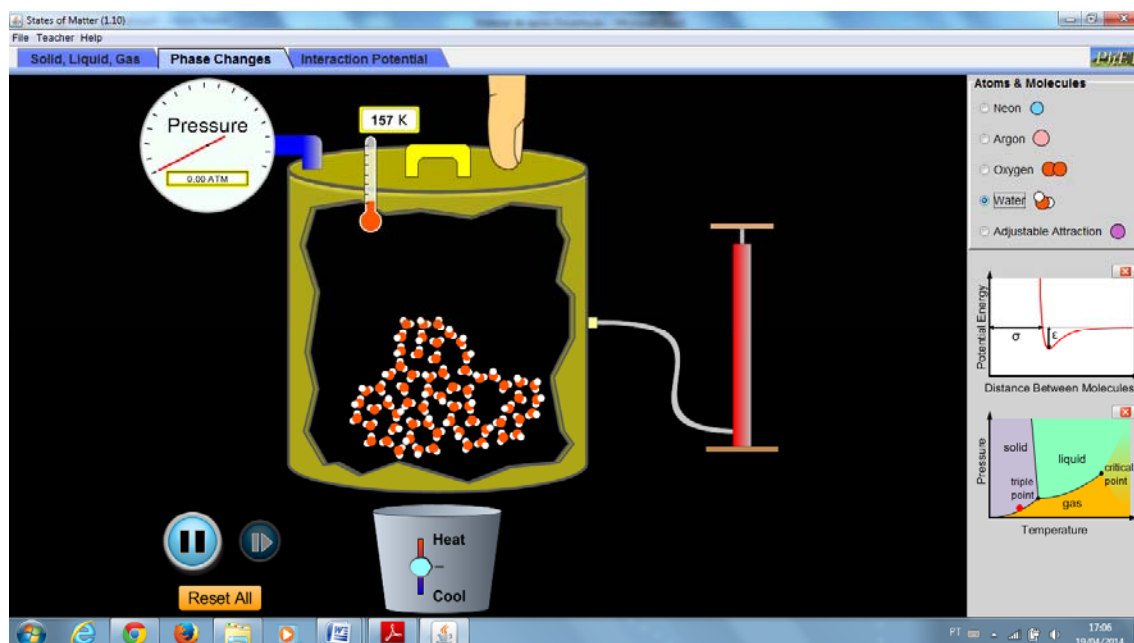


Figura 2 – *Printscreen* do programa *States of Matter* mostrando a tela para estudo de mudança de fases.

States of Matter permite discutir conceitos como compostos monoatômicos (neônio e argônios), diatômicos (gás oxigênio) e poliatômios (água). Se utilizarmos a água podemos ainda discutir a propriedade anômala da água partindo da animação. No entanto, o programa apresenta algumas limitações que também podem ser discutidas, como o fogo como fonte de aquecimento e o gelo (fig. 3) que aparece quando se utiliza o resfriador e que baixa a temperatura das substâncias até 1 K. Pode-se a partir desse momento discutir os processos de resfriamento utilizados para a obtenção de materiais no estado de Condensado de Bose-Einstein, considerado o 5º estado físico da matéria. Os processos de resfriamento envolvidos na obtenção das baixas temperaturas para o uso e obtenção de materiais supercondutores. E se explorar o limite mínimo de temperatura para a escala Kelvin, 0°K. Também deve-se explorar as técnicas de aquecimento de plasmas e sua contenção sendo feita através de campos magnéticos.

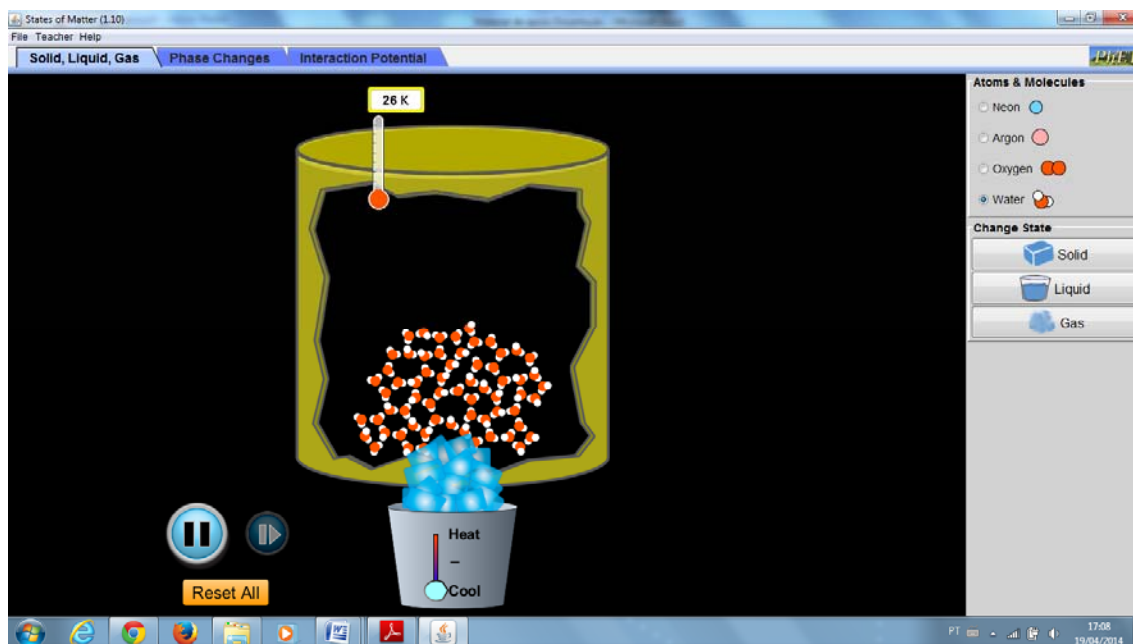


Figura 3 – *Printscreen* do aplicativo *States of Matter* mostrando gelo sendo usado para refrigerar água a 26 Kelvin.

Seria desejável que o professor ou professora pudesse explorar a representação dos átomos como bolinhas, pelo aplicativo. Esclarecendo para os alunos que uma bolinha não é o formato de um átomo, mas que para fins didáticos naquele momento seu uso é apropriado. Podendo aqui aprofundar na noção de átomo e abrindo a discussão dele do ponto de vista da Física Moderna. Enfim, o aplicativo se mostra muito rico para discussões em sala de aula, mesmo quando partimos de suas limitações. Por se tratar de uma animação com tamanho de armazenamento pequeno 2.02 Mb, podemos incentivar que os alunos façam o *download* e continuem a utilizar em casa e abrir espaço para os questionamentos que possam surgir em aula.

Logo após o trabalho usando o aplicativo sugere-se a leitura dos seguintes textos:

*Do plasma ao frio absoluto*¹

Poderíamos exemplificar as mudanças quantitativas e qualitativas, associadas a variações de temperatura, acompanhando uma “viagem térmica” de uma substância. A água é uma boa escolha para este acompanhamento, pois ela é padrão universal de muitas propriedades físicas, especialmente as térmicas. Poderíamos iniciar de um ponto intermediário, como uma gota de sereno, um pequeno cristal de neve, ou um “bafo” de vapor d’água saindo do bico de uma chaleira, mas é melhor ir continuamente do quente para o frio, de um extremo a outro da escala.

¹ Texto extraído e parcialmente adaptado de MENEZES, Luiz Carlos de. *A Matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico*. 1ª edição, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

Se começarmos com uma temperatura de muitos milhões de graus, como a do interior das estrelas, os núcleos atômicos estarão desfeitos, no que se chama de plasma nuclear. O material teria de perder muita energia, especialmente pela emissão de radiação, para chegar a uma temperatura em que já haja núcleos atômicos íntegros. Suponhamos, então, um recipiente com núcleos de hidrogênio e oxigênio, na proporção dois para um, com elétrons na quantidade certa para mais tarde forma água, mas ainda na forma de um luminoso plasma iônico, antes que se atinjam temperaturas menores do que, digamos, três mil graus. Se trouxermos o recipiente para um meio ambiente como a atmosfera da Terra, esse plasma tenderia a se resfriar naturalmente, cedendo calor ao meio por radiação e por contato, até que, gradativamente, se restituíssem os elétrons aos íons, compondo-se assim os átomos de hidrogênio e oxigênio que, se resfriando, deixariam de brilhar. Finalmente, pouco acima de mil graus Celsius, a combinação H_2O já começa a se manter estável, tornando-se, enfim, vapor d'água, um gás transparente.

O vapor continuará a ceder calor ao meio, diminuindo sua velocidade de agitação média, seu volume ou pressão, e, com isto, também a entropia. Exceto em mudanças de estado, essa perda de energia leva a baixar a temperatura, pois a energia de movimento média por molécula é proporcional à temperatura, pois a energia de movimento média por molécula é proporcional à temperatura absoluta ou Kelvin. Esta energia translacional se reduz, junto com a temperatura, até que a água comece a se condensar. A partir de então, durante a mudança de estado, a energia retirada não mais resulta em diminuição da temperatura, mas sim em liquefação da substância.

Permanecerá portanto, a 100 °C, ou seja, a 373 K, continuando a ceder calor, à medida que for se condensando. A partir do momento em que estiver toda líquida, a água voltará a se resfriar, cedendo calor até entrar em equilíbrio com o meio. A partir do equilíbrio, quando estiver à temperatura ambiente, na atmosfera, a água não perderá mais energia espontaneamente. Continuam as colisões moleculares e a emissão e recepção de radiação, mas sem transferência líquida de energia.

A partir desta situação de equilíbrio, para resfriá-la será preciso colocá-la no interior de um refrigerador, como o de evaporação que analisamos há pouco. A água irá se esfriando até alcançar novo ponto de mudança de fase. Outra vez, sua temperatura fica estável enquanto se ordenam suas moléculas, permanecendo a 0 °C até completar seu congelamento, quando terá se convertido em um cristal de gelo, perfeitamente ordenado. Suas moléculas não poderão mais trafegar livremente, mas somente oscilar, presas à rede cristalina. Mesmo assim, o gelo pode ficar cada vez mais frio, com a vibração molecular cada vez menos intensa.

O quarto estado da matéria²

A ideia de que a matéria pode ser encontrada na forma de três estados diferentes, sólido, líquido e gasoso, está bastante embasada no senso comum e é compartilhada pela maioria das pessoas. Entretanto, quando refletimos um pouco sobre a estrutura e organização da matéria, à luz de noções básicas de física atômica, é fácil percebermos a possibilidade de existência de um quarto estado, e é fácil também inferir algumas de suas propriedades básicas. Como sabemos, a matéria é basicamente formada de átomos, por sua vez formados de prótons, elétrons e nêutrons. Os prótons possuem carga elétrica positiva e repelem-se eletricamente uns aos outros. Entretanto, podem atrair-se fortemente, devido à chamada interação nuclear forte, que age apenas a curtas distâncias. Os nêutrons não são afetados pelas forças elétricas, mas também interagem entre si e com os prótons via forças nucleares. Sendo assim, é possível a ocorrência de configurações estáveis envolvendo prótons e nêutrons. Estas configurações constituem os chamados núcleos atômicos, identificados pelo número atômico (número de prótons) e pelo número de massa (soma de prótons e nêutrons). Os núcleos têm uma carga elétrica, e como consequência atraem partículas de carga oposta, os elétrons. Estes podem portanto estabelecer-se nas vizinhanças do núcleo, atraídos por este e repelindo-se entre si. Como se percebe, há uma forte tendência para estabelecer uma configuração estável, em que o número de elétrons é igual ao número de prótons. A estas configurações damos o nome de átomos. Para fins de classificação, dizemos que o número de prótons no núcleo caracteriza o elemento (H, He, C, Fe, etc.), enquanto o número de massa caracteriza o isótopo do elemento.

Os átomos podem unir-se entre si por meio de forças de origem elétrica, originadas de mudanças na configuração eletrônica que ocorrem quando os átomos se aproximam. Como resultado destas ligações, resultam as moléculas, e mesmo os corpos sólidos. Os diferentes elementos têm maior ou menor facilidade de se unirem dessa forma, devido às suas diferentes configurações eletrônicas. As ligações formadas também podem ter características diferentes, sendo chamadas de *iônicas*, *covalentes*, *ligações de Van der Waals*, etc...

Esta breve introdução já nos forneceu elementos que permitem caracterizar os chamados estados da matéria. O estado sólido se caracteriza pela relativa proximidade entre átomos e/ou moléculas, e pela rigidez das ligações estabelecidas. Os átomos ou moléculas unidos entre si para formar o sólido mantêm posições relativas fixas e podem somente vibrar em torno de suas posições de equilíbrio. Como consequência, as partículas que formam um sólido constituem um conjunto com forma definida, e que ocupa um dado volume no espaço. No estado líquido as distâncias inter-atômicas ou inter-moleculares são da mesma ordem de grandeza que no estado sólido, porém as ligações estabelecidas são muito mais tênues e efêmeras. Como resultado, as partículas podem mover-se umas em relação às outras, e o conjunto não tem forma definida, embora ocupe um volume definido. Obviamente, as fronteiras entre estes dois estados não são perfeitamente delimitadas. O

² Texto extraído, e parcialmente adaptado de ZIEBELL, Luiz Fernando. *O quarto estado físico da matéria*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2004.

vidro, por exemplo, é considerado um sólido, de estrutura amorfa (não há uma organização geométrica na distribuição das moléculas que o constituem). Entretanto, pode escorrer como um líquido, na temperatura ambiente, embora o processo seja extremamente lento e só perceptível a olho nú com o transcurso de anos ou séculos.

Já no caso dos gases, os átomos ou moléculas que os compõem não têm praticamente interação entre si, com exceção de colisões ocasionais. As partículas são eletricamente neutras (átomos ou moléculas) e movem-se livremente entre colisões. O conjunto não tem forma definida, nem volume definido, apresentando a tendência de ocupar todo o volume disponível. É bem verdade que as moléculas podem também sofrer ação gravitacional, mas a ação mútua é geralmente desprezível, a não ser no caso de massas gasosas suficientemente grandes (como no caso da formação de estrelas, por exemplo, que discutiremos mais adiante).

O fio condutor entre todos os estados discutidos acima é a existência de ligações entre as partículas. Um sólido é sólido porque seus átomos ou moléculas estão ligados entre si de uma certa forma. Estas ligações requerem uma certa energia para serem desfeitas. Por exemplo, se o sólido for suficientemente aquecido, as ligações poderão ser rompidas, e o material transformar-se em líquido (no processo chamado fusão). Se continuarmos fornecendo energia na forma de calor, poderemos atingir o ponto de vaporização, em que o líquido passa para o estado gasoso (Este ponto depende da pressão a que está submetido o material. É fato bem conhecido que a água ao nível do mar ferve à temperatura de 100 °C, enquanto em altitudes mais elevadas, onde a pressão atmosférica é menor, a temperatura de vaporização da água é menor).

O mesmo raciocínio nos leva a considerar o fato de que as ligações moleculares em um gás também podem ser rompidas, restando átomos isolados, e que as ligações entre elétrons e núcleos podem ser igualmente rompidas. Quando elétrons são retirados dos átomos, diz-se que o átomo ficou ionizado, sendo então chamado de íon. O mesmo também se diz quando um elétron livre liga-se a um átomo neutro, resultando um íon de carga negativa. Se uma fração significativa do material ficar ionizado, ele deixa de ser um gás, em que as partículas movem-se livremente e apenas interagem via colisões, e passa a ser um meio em que as partículas podem agir à distância umas sobre as outras, via forças eletromagnéticas, além de continuarem a interagir diretamente via colisões. Este meio tem portanto comportamento e propriedades diferentes de um gás, e é chamado de plasma.

Após a leitura e discussão dos textos sugere-se que os alunos assistam ao vídeo Planet Green, exibido pelo canal Discovery Channel retratando o trabalho de cientistas envolvidos no JET (Joint European Torus), onde o plasma é apresentado como uma possível fonte alternativa de energia, mais barata e sem riscos ambientais. No documentário ainda são apresentadas outras três formas alternativas de geração de energia através das marés (Estados Unidos da América), dos ventos (Holanda) e do Sol (Austrália).

3.5 Nova situação (artigo e mapas conceituais)

No próximo passo solicita-se aos alunos que leiam o artigo, *Plasmas: dos gregos a TV que você quer ter* (Damásio e Calloni, 2008). Cabe ressaltar que os alunos podem apresentar dificuldades em relação a compreensão do texto caso não tenham familiaridade com a leitura de artigos científicos. Porém tal circunstância não deve impedir o professor de utilizar-se dessa ferramenta, ao contrário, pode-se aproveitar o momento para trabalhar a aplicabilidade dos plasmas em televisores e ainda familiarizar o aluno com a escrita científica.

Após a discussão do artigo em grande grupo sugere-se ao professor que solicite aos alunos que produzam mapas conceituais sobre todo o conteúdo trabalhado até aqui em cada uma das etapas anteriores da UEPS. Caso os alunos não estejam familiarizados com a ideia de mapa conceitual o professor deve fazer sua introdução seguindo as indicações feitas por Moreira (2006) e esta será facilitada pelo uso inicial de mapas mentais (Buzan, 2002) conforme o início da UEPS. Mesmo que mapas conceituais não sejam iguais a mapas mentais a arquitetura pode ficar parecida, o que é um obstáculo a menos para chegar-se à ideia de mapas conceituais.

Os mapas conceituais podem ser produzidos pelo aluno usando a ferramenta IHMC Cmap Tools disponível em: <http://cmap.ihmc.us/download/>. Permitindo uma fácil visualização posterior dos mapas produzidos e até mesmo sua reedição.

Cabe também ao professor esclarecer que o conceito de mapa conceitual não se restringe apenas à Física, podendo ser utilizado pelo aluno em outras atividades e disciplinas, caso queira.

Os mapas conceituais podem inicialmente apresentar poucos conceitos, simetria pobre, ou até ainda uma ideia de formação de frases. Por isso, após a conclusão dos primeiros mapas solicitar uma apresentação desses para a turma. Permitindo assim que os colegas e o professor possam avaliar, comparar e fazer sugestões em cada um dos mapas produzidos. As Figuras 4 e 5 mostram exemplos de mapas e suas evoluções como podem ser encontrados na aplicação desta atividade.

A tarefa de usar mapas conceituais é muito rica tanto pela oportunidade de poder visualizar um pouco do que os alunos assimilaram do conteúdo até aqui e de que forma estavam associando os conceitos estudados. A ideia de expressar apenas conceitos e mostrar conexões entre os mesmos, através de conectivos simples não é fácil. Mas os resultados são discussões produtivas que, possíveis no momento em que os alunos apresentavam seus trabalhos. Principalmente nos momentos em que alunos ouvintes fazem sugestões para colegas sobre os mapas conceituais apresentados.

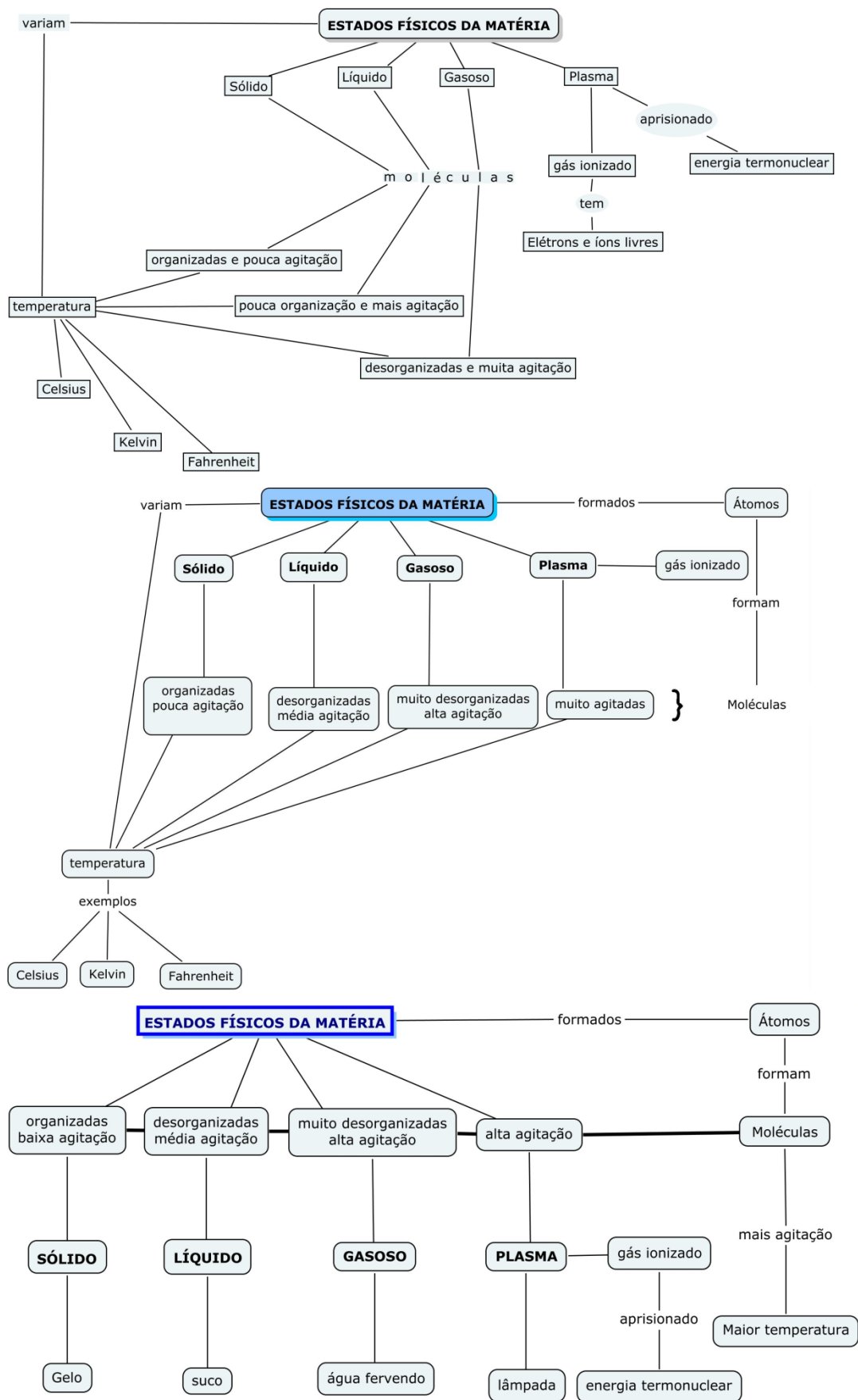


Figura 4 - Evolução dos mapas conceituais de um grupo de alunos, buscando principalmente uma melhor organização dos conceitos.

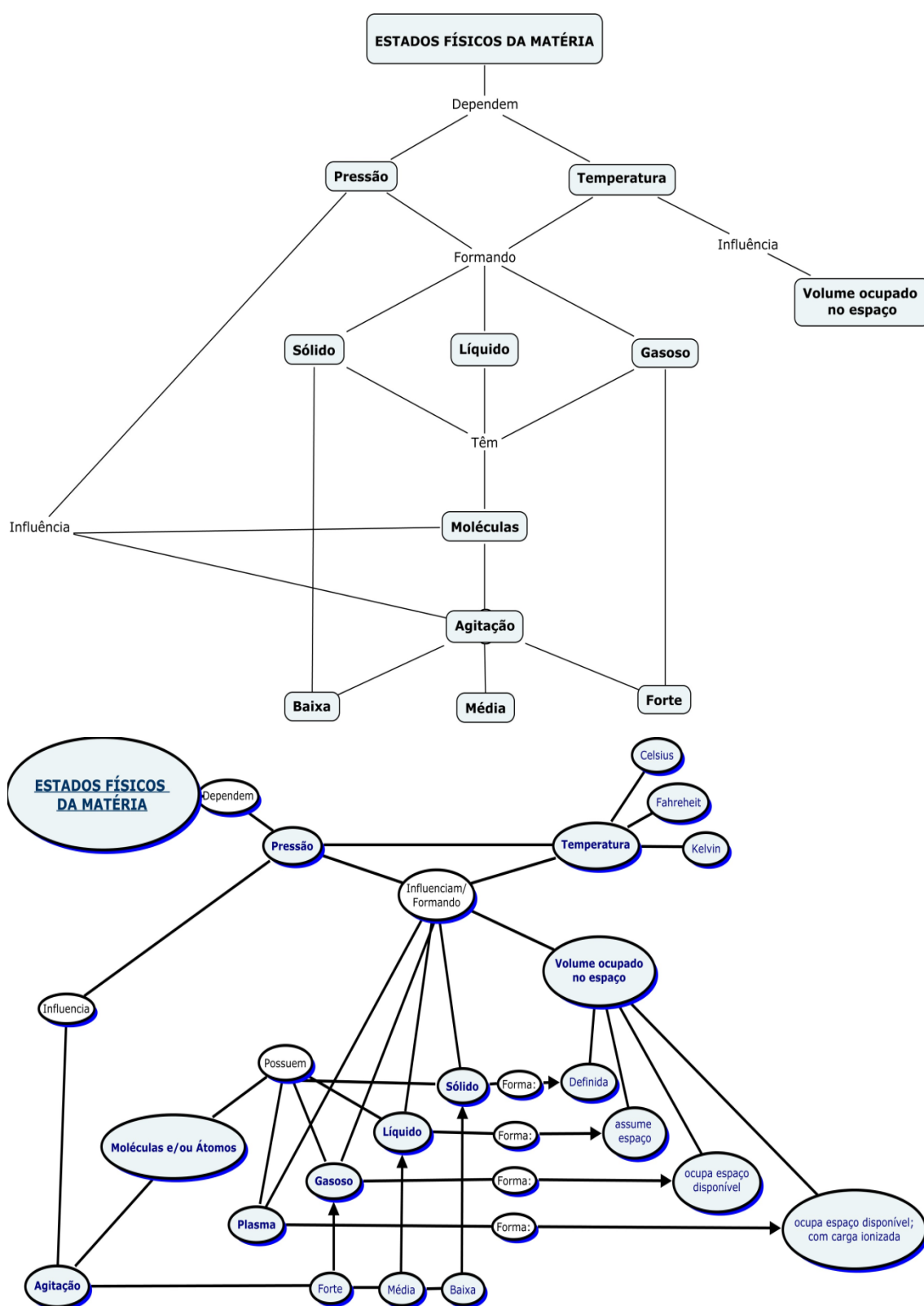


Figura 5 - Parte inferior mapa conceitual mostrando a inserção do plasma, conceito que não aparece na parte superior, primeiro mapa do grupo.

3.6 Diferenciando progressivamente

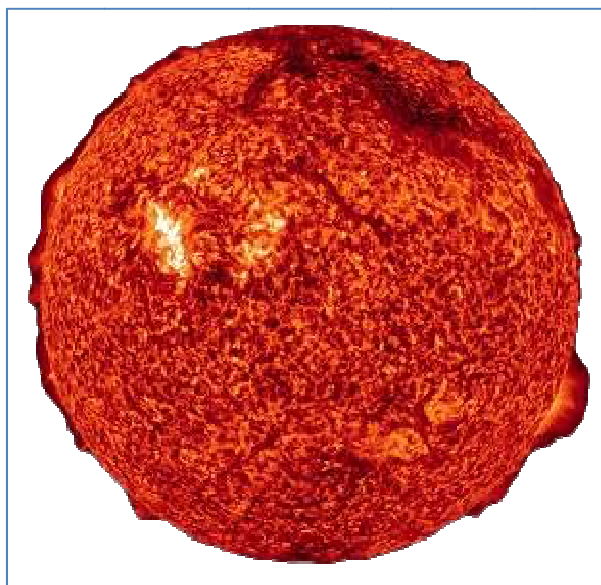
Nesta etapa os alunos devem ser divididos em grupos e cada grupo receberá uma notícia relacionada aos plasmas numa aplicação diferente das vistas até aqui. Solicita-se que os alunos leiam o texto e depois comentem-no dentro do seu grupo, para posteriormente socializarem a notícia com os colegas. Criando assim mais um momento de troca entre os alunos.

Abaixo sugerem-se 4 notícias retiradas do site Inovação Tecnológica, www.inovacaotecnologica.com.br, referentes ao assunto plasmas. Mas o professor pode aqui escolher outras fontes e outros textos, inclusive em maior número dependendo do tamanho dos grupos e quantidade de alunos em cada turma.

Texto 1

Tsunami solar dispara jato de plasma rumo à Terra³

Redação do Site Inovação Tecnológica - 03/08/2010



Todo o lado do Sol virado para a Terra experimentou um tumulto de atividades em cadeia, criando uma erupção solar de classe C3 - um autêntico tsunami solar.[Imagem: NASA/SDO]

Depois de um longo período de dormência, o Sol pode estar acordando.

³ Texto disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=tsunami-solar#.U2KWw4FdWOM>

Na madrugada de domingo (01/08), todo o lado do Sol virado para a Terra experimentou um tumulto de atividades em cadeia, que começou com uma erupção solar de classe C3 - relativamente pequena - e terminou em um autêntico tsunami solar.

O jato de plasma deverá chegar na Terra na manhã desta quarta-feira, dia 04 de Agosto.

Ejeção de massa coronal

O fenômeno gerou múltiplos filamentos magnéticos, que se elevaram da superfície estelar, uma agitação em grande escala da corona solar, explosões de ondas de rádio e uma ejeção de massa coronal.

Esta erupção solar em larga escala - catalogada pelos cientistas como Mancha Solar 1092 - ejetou toneladas de plasma (átomos ionizados) para o espaço interplanetário. Os cientistas calculam que, ao longo de algumas poucas horas, a ejeção de massa coronal possa ter arremessado para o espaço até 10 bilhões de toneladas de plasma.

E esse plasma está dirigido diretamente no rumo da Terra, onde deverá chegar criando um show espetacular de luzes na forma de auroras boreais e austrais. Viajando a uma velocidade bem menor do que a da luz, o plasma leva de três a quatro dias para atingir a Terra.

Infelizmente não é só isso. Os efeitos poderão ser sentidos também pelos sistemas de comunicação, principalmente via satélite, e até mesmo pelas redes de distribuição de energia.

Tsunami solar

Observar o Sol entrar em erupção numa escala global entusiasmou a comunidade internacional de físicos, que agora dispõem também do observatório solar SDO, da NASA.

Os cientistas acreditam ter dados suficientes para tentar decifrar a complexa sequência de eventos, detectando sobretudo os eventos primários que deram origem à tsunami solar.



A mancha solar foi tão grande que pôde ser vista sem o auxílio de um telescópio solar. Oleg Toumilovitch, na África do Sul, fotografou o evento com uma câmera digital comum. [Imagem: Oleg Toumilovitch]

Quando uma erupção desse tipo, chamada de ejeção de massa coronal, chega à Terra, ela interage com o campo magnético do nosso planeta, potencialmente criando uma tempestade geomagnética.

As partículas solares guiam-se pelas linhas desse campo, dirigindo-se para os polos da Terra, onde colidem com átomos de nitrogênio e oxigênio na atmosfera, que em seguida brilham na forma de luzes dançantes, as auroras.

As auroras são visíveis normalmente apenas em altas latitudes, embora, durante uma tempestade geomagnética, as auroras possam também iluminar o céu nas latitudes mais baixas.

Ciclos do Sol

O Sol tem um ciclo regular de atividade que dura em média cerca de 11 anos.

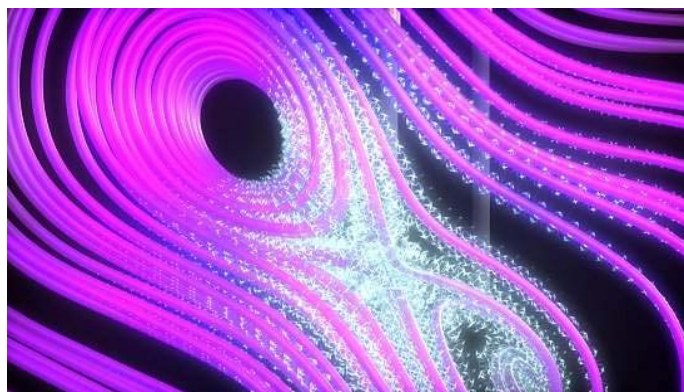
O último máximo solar ocorreu em 2001, o que tornou seu mínimo mais recente particularmente duradouro e com atividade abaixo da média mesmo para esses mínimos.

Esta erupção em larga escala é um dos primeiros sinais de que o Sol pode estar acordando e caminhando para um outro máximo.

Texto 2

Quarto estado da matéria deixa físicos em êxtase⁴

Redação do Site Inovação Tecnológica - 06/12/2010



Além da beleza, as ondas de cisalhamento de Alfvén desempenham um papel importante nos dispositivos de fusão nuclear.[Imagem: Gekelman et al./BaPSF]

Plasma

Ao estudar os mistérios do plasma, o quarto estado da matéria, os físicos podem passar horas apenas admirando os fenômenos de extraordinária beleza com que se deparam.

Quando o Telescópio Espacial Hubble capta aquelas imagens vívidas de nuvens interestelares de gás ionizado, o que estamos vendo nada mais é do que um plasma interestelar.

E os cientistas do *Large Plasma Device*, um enorme laboratório de estudos do plasma, localizado na Universidade da Califórnia, estão mostrando que não é preciso olhar tão longe para ver eventos tão belos.

As novas imagens em 3D produzidas no experimento mostram as chamadas ondas de cisalhamento de Alfvén, assim batizadas em homenagem a Hannes Alfvén, ganhador do Prêmio Nobel de Física em 1970, que previu sua existência.

Os plasmas suportam uma grande variedade de ondas, algumas delas bem familiares, como ondas de luz e de som. Mas uma grande variedade de ondas encontradas no plasma não existem em nenhum outro lugar. A onda de Alfvén é uma delas.

Com as mais novas tecnologias 3D desenvolvidas para o cinema, os cientistas estão ficando agora ainda mais boquiabertos, ao poder visualizar as ondas em três dimensões.

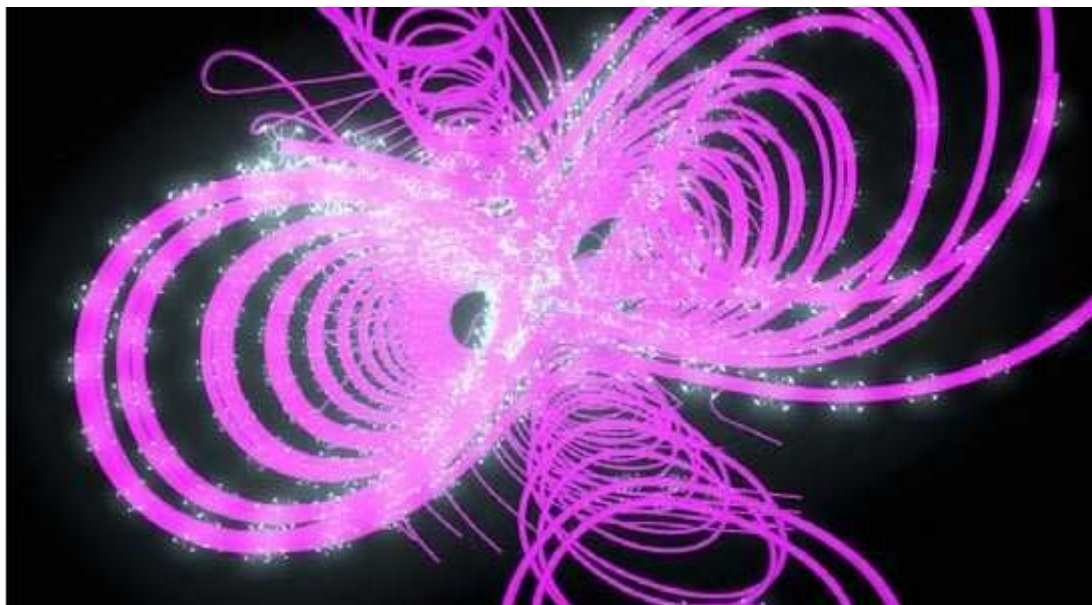
⁴ Texto disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=plasma-ondas-alfven&id=010115101206#.U2KXO4FdWOM>

Um verdadeiro show de imagens tridimensionais geradas nos estudos do plasma está marcado para acontecer em Abril de 2011, durante a reunião anual da Sociedade Americana de Física.

Mas Física não é só diversão: os cientistas estão demonstrando que as ondas de Alfvén são importantes em uma grande variedade de ambientes físicos.

As ondas de Alfvén são ondas magnetohidrodinâmicas de baixa frequência, que se propagam na direção do campo magnético através da oscilação de íons.

Elas desempenham um papel central na estabilidade dos dispositivos de confinamento magnético utilizados nas pesquisas sobre a fusão nuclear, dão origem à formação de auroras em planetas, e acredita-se que também contribuam para o aquecimento e a aceleração de íons na coroa solar.



Esta é a representação do campo magnético tridimensional de uma onda de Alfvén, conforme ela foi durante uma fração de milionésimo de segundo. [Imagem: Walter Gekelman, UCLA]

As ondas de cisalhamento também podem causar aceleração de partículas ao longo de distâncias consideráveis no espaço interestelar.

Texto 3

Brasileiros querem produzir etanol usando plasma frio⁵

Baseado em artigo de Fábio Reynol - 23/11/2010

⁵ Texto disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=plasma-frio-etanol-segunda-geracao&id=010125101123>



O plasma é um gás ionizado que é considerado o quarto estado da matéria.[Imagem: USDA]

Etanol de segunda geração

A atual fronteira para o crescimento do etanol - a obtenção do chamado etanol de segunda geração - não está na questão das terras agricultáveis e nem na abertura dos mercados externos.

O problema está nas paredes celulares dos vegetais, formadas por um polímero bem conhecido do homem, mas muito difícil de ser quebrado: a celulose.

Desenvolver meios economicamente viáveis para decompor a celulose é fundamental para viabilizar o etanol de segunda geração, que poderá ser extraído de qualquer biomassa, e não apenas da cana-de-açúcar.

Isto permitirá aumentar a produção do biocombustível sem ter que alterar a extensão das plantações, além de levar a indústria para outras partes do país.

As soluções vislumbradas até agora são igualmente surpreendentes. Por exemplo, utilizar enzimas encontradas nos aparelhos digestivos de cupins e de animais ruminantes para decompor a celulose. Os ácidos são outra alternativa.

Mas uma equipe do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), em Campinas (SP), optou por uma terceira rota para liberar os açúcares da celulose: bombardeá-los com cargas elétricas geradas por um plasma, um gás ionizado que é considerado o quarto estado da matéria.

A quebra é semelhante ao que ocorre quando se lança mão dos cupins ou das vacas, uma rota na qual as enzimas mudam cargas elétricas de lugar, saturando uma ligação e provocando o seu rompimento.

Após a quebra, surgem espaços que são preenchidos com pedaços das moléculas de água e o novo rearranjo forma os açúcares.

"Vamos tentar fazer isso, só que utilizando uma descarga elétrica", disse Marco Aurélio Pinheiro Lima, coordenador do projeto.

Para dar certo, o processo deve ser controlado e as quebras executadas com cuidado para manter os açúcares intactos, pois são eles que darão origem ao etanol, por meio da fermentação.

A pesquisa deve também revelar outros modos de se fazer álcool, podendo até mesmo pular a etapa da fermentação, por meio de uma combinação de parâmetros até então desconhecida. "Quando se faz pesquisa é preciso estar aberto a descobertas imprevisíveis, pois os resultados podem levar a novos horizontes", disse o pesquisador.

Algumas pistas para essa via de quebra da celulose vieram de estudos sobre o tratamento do câncer. Foi constatado nessas terapias que os elétrons de baixa energia possuem uma força capaz de quebrar o DNA de células cancerosas.

"Uma cadeia de DNA lembra muito os açúcares", comparou Lima, ressaltando que os elétrons de baixa energia podem ser obtidos dentro de um plasma com baixo custo.

Para o projeto foi escolhido um plasma frio à pressão atmosférica, no lugar dos modelos de baixa pressão, os mais comuns em laboratório. O motivo é desenvolver um meio que apresente viabilidade econômica para ser aplicado no mercado.

"Nesse sentido, o plasma frio à pressão atmosférica é mais barato e não exige tantos recursos para operar, como o vácuo, por exemplo. Não podemos pensar em algo que seja usado somente no laboratório, pois poderá ser uma máquina que atuará em uma escala grande", disse.

Mesmo assim, a equipe do CTBE também pretende estudar os efeitos do plasma de baixa pressão e do plasma em meio aquoso na quebra da celulose.

Os dados levantados ajudarão a obter uma série de conhecimentos básicos sobre o processo de dissociação desses polímeros e aprimorar processos para as biorrefinarias. "Essas serão as usinas do futuro: sempre coladas a uma indústria química que desenvolverá uma infinidade de produtos além do etanol e do açúcar", frisou Lima.

O projeto poderá levar ao controle do ambiente de descarga de elétrons a ponto de o químico escolher resultados desejados visando a obtenção de moléculas de valor comercial mais interessante.

Os experimentos do projeto do CTBE também poderão ser aplicados em outras rotas de quebra da celulose ao dar pistas sobre como uma enzima ou um ácido atuam no processo.

Outra possibilidade é o surgimento de um processo misto que associe rotas diferentes para a obtenção do açúcar. Como a celulose tem uma estrutura fechada em pacotes, os elétrons poderiam, por exemplo, desempacotar o polímero e prepará-lo para um ataque enzimático ou químico.

Em todas essas perspectivas, a pesquisa esbarra em dois obstáculos fundamentais: a obtenção do controle do processo e a viabilidade econômica da tecnologia a ser desenvolvida. Por esse motivo o plasma deve ser barato e de baixa energia, a ponto de compensar a produção do etanol.

"A obtenção do álcool celulósico é conhecida e chegou a ser usada na Segunda Guerra Mundial. Ele só não está no mercado até hoje por ser obtido por meio de um processo caro. Por conta disso, tentamos baratear essa tecnologia e desenvolver novas rotas", disse Lima.

Apesar de estar voltado à cana-de-açúcar, o projeto poderá resultar em tecnologias para a obtenção de etanol a partir da celulose de outras espécies vegetais.

Com isso, estados brasileiros que estão longe das plantações de cana-de-açúcar poderão produzir seu etanol a partir de espécies vegetais de sua região e assim viabilizar o uso local do combustível. "Prendemos desenvolver tecnologias que possam ser transferidas para outras biomassas de modo que o etanol se torne viável em todo o país", afirmou Lima.

O pesquisador aponta que a pesquisa básica que está sendo desenvolvida abrirá possibilidades nem sequer são imaginadas. "Mesmo que as descobertas não resultem em um processo industrial, elas ensinarão muito sobre o modo como uma molécula é quebrada", ressaltou.

Texto 4

Estudos sobre plasma otimizam queima de combustível no motor⁶

Com informações da Agência Fapesp - 22/07/2010

Quarto estado da matéria

⁶ Texto disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=queima-combustivel-motores&id=010170100722>

Aumentar a economia no consumo de combustível e reduzir a emissão de poluentes é a meta de qualquer fabricante de motor a combustão.

É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição.

A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia - que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Processo de ignição

O processo de ignição envolve três fases. Na primeira, é feita a ruptura do espaço vazio entre os eletrodos da vela. Depois, ocorre a transição para um arco voltaico por meio da aplicação de uma alta corrente sob baixa tensão.

Por fim, é obtida uma descarga elétrica rápida, da ordem de milissegundos - nessa última etapa se concentra 90% da energia envolvida no processo.

Para estudar este ciclo, os pesquisadores estão construindo uma câmara hiperbárica que pode trabalhar até 14 atm (atmosferas) de pressão para simular as condições de queima. Nela, serão empregados os gases metano e hidrogênio.

"Não usaremos combustível nessa fase porque isso exigiria um sistema mais caro para absorver a energia que seria gerada", explica Jayr de Amorim Filho, do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), em Campinas (SP), que coordena o trabalho em conjunto com Maria Cristina Lopes, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), em Minas Gerais.

Amorim ressalta que esta etapa será importante para o levantamento das temperaturas envolvidas no processo.

Queima mais eficiente do combustível

Para fazer o mapeamento térmico, o CTBE conta com um monocromador com câmera CCD. Por meio da aquisição de espectros, esse equipamento registra vários parâmetros como temperatura eletrônica, temperatura do gás e densidade eletrônica.

O trabalho também exige um osciloscópio digital de alto desempenho. "Lidamos com altas correntes que ocorrem em curtíssimos espaços de tempo, por isso os osciloscópios convencionais não dão conta do trabalho", disse Amorim.

O grupo de pesquisa também desenvolveu o seu próprio gerador de pulsos de alta tensão. Um microprocessador roda um programa escrito em linguagem C, que gerencia os sinais gerados de acordo com os parâmetros desejados.

Um dos objetivos com o aparato é conseguir controlar o tempo e o volume do plasma e, com isso, encontrar as melhores condições para uma queima mais eficiente do combustível.

O projeto de uma nova vela, que envolverá também um software de controle, deverá ser um dos frutos dessa primeira etapa do projeto. "Na segunda etapa, utilizaremos cilindros transparentes para poder visualizar o experimento", apontou Amorim.

Colisão de elétrons

A 500 quilômetros do CTBE, a equipe de Juiz de Fora detalha as sessões de choque, que são as áreas de probabilidade de os elétrons colidirem com as moléculas do combustível e assim gerar o plasma.

Para isso, são estudados os processos envolvidos na ignição do plasma e as consequências na pós-descarga em um motor de combustão interna. "O objetivo é encontrar parâmetros adequados para serem aplicados em carros que funcionem com misturas mais pobres de ar-combustível", explicou Maria Cristina.

Isso significaria um carro mais econômico e menos poluente, uma vez que mais moléculas seriam quebradas durante a combustão. "Quebrando mais moléculas emitiríamos menos partículas danosas ao meio ambiente", disse a professora da UFJF.

Para chegar a esses resultados, é preciso entender em detalhes o processo de ignição. Isso é feito por meio de equipamentos específicos projetados e construídos na própria universidade. De acordo com Maria Cristina, a ideia é desenvolver tecnologia nacional nessa área e promover a formação de recursos humanos especializados.

O aparelho de sessão de choque total, o espectrômetro de perda de energia de elétrons e o espectrômetro de captura eletrônica são exemplos de equipamentos desenvolvidos na própria UFJF.

O primeiro mede a reatividade como um todo, sem separar os processos. O espectrômetro de perda de energia de elétrons detalha cada um dos processos envolvidos na ignição. E, ao aprisionar por alguns instantes um elétron gerado pela faísca de ignição, o espectrômetro de captura eletrônica é capaz de fornecer a energia contida nessa partícula.

Dividir para entender

Além das simulações em laboratório, são feitos também modelamentos teóricos que descrevem a colisão dos elétrons com as moléculas de combustível.

O cálculo teórico é feito por meio da colaboração com pesquisadores de outras instituições que também atuam no projeto. São especialistas da Universidade Estadual de Campinas, da Universidade de São Paulo, das universidades federais do Paraná e do ABC e de duas instituições norte-americanas, o Instituto de Tecnologia da Califórnia e a Universidade do Estado da Califórnia em Fullerton.

"Cada reação é estudada a fundo nos experimentos aqui no laboratório em Juiz de Fora. Depois, o professor Michael Ballester, também da UFJF, utiliza-os para fazer a modelagem do plasma e o professor Jayr Amorim reproduz esse plasma no CTBE", resumiu Maria Cristina.

A ideia é dividir o problema em diferentes especialidades para aumentar as chances de entendê-lo e de apresentar uma resposta eficiente. São ao todo dez pesquisadores colaboradores de seis diferentes instituições de pesquisa além de estudantes de vários níveis, da iniciação científica ao pós-doutorado.

Um convênio bilateral entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a National Science Foundation (NSF), dos Estados Unidos, auxilia o intercâmbio entre estudantes brasileiros e norte-americanos.

Desde o início do projeto, cinco estudantes dos Estados Unidos e dois do Brasil fizeram o intercâmbio atuando nesse projeto. "Isso é muito importante porque precisamos formar recursos humanos qualificados em todos os níveis para essa área de conhecimento", disse Maria Cristina.

3.7 Avaliação final individual

Aqui, neste passo, realiza-se a aplicação de um questionário individual. Questionário este que pode ser aplicado como trabalho a distância permitindo que o aluno aprofunde-se mais ainda realizando novas pesquisas para responder as questões propostas. Lembrando que ele não função de servir como um definidor de conceito, mas como uma nova possibilidade de verificar, junto com o restante das atividades, o progresso do aluno na construção do conceito de plasmas e estados físicos da matéria. Seguem abaixo as questões:

1 – O que você entende por estados físicos da matéria?

2 – *Na sua concepção, o que caracteriza fisicamente a diferença entre os estados físicos da matéria tanto microscopicamente quanto macroscopicamente? (Fique a vontade para expressar-se também por desenhos)*

3 – *Leia atentamente o texto abaixo:*

“O estado de agitação é grande e a desordem do sistema também. Átomos ou moléculas podem mover-se livremente e não apresentam volume nem forma definida. A medida que o tempo passa diminui a agitação e a desordem do sistema diminui também. Já é possível alguma atração entre os átomos ou moléculas com volume definido, porém sem forma física definida ainda. Mais além, a agitação é bem menor e a desordem diminuiu ainda mais e com isso agora tanto forma quanto volume são definidos.”

O texto fala sobre que fenômenos? Justifique.

4 – *Qual(is) a(s) diferença(s) de um plasma para um gás?*

5 – *Para você o que significa a expressão “gás ionizado”?*

6 – *Os plasmas podem ser usados para facilitar e/ou melhorar a vida do ser humano? Como? Onde?*

7 – *Todos os plasmas envolvem necessariamente temperaturas altas, ou existem plasmas de menores temperaturas?*

8 – *Uma política de investimentos em pesquisas, como no estudo dos plasmas, pode reverter em benefícios para o Brasil? Você vê como necessário o investimento em tecnologias de ponta? Justifique.*

3.8 Avaliação conjunta da UEPS

Propõe-se aqui que o professor traga o resultado qualitativo das questões da aula anterior e faça junto com os estudantes uma avaliação das aulas, colhendo sugestões, ideias e comentários a respeito das estratégias de ensino adotadas, focando nos pontos mais importantes das aulas.

3.9 Avaliação final da UEPS

Aqui o professor deve analisar as aulas com base nas evidências coletadas ao longo do curso através de observação direta do comprometimento dos alunos, evolução dos resultados dos alunos nas aulas e avaliações e a cerca dos comentários dos alunos na aula final. O

objetivo é analisar a eficácia da UEPS na promoção da aprendizagem significativa do conteúdo plasmas. É também o de verificar se a UEPS deve ser modificada em alguns de seus passos.

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA ADICIONAL

BRASIL. SEMTEC. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: 2002.

_____. Ministério da Educação. **Relatório de monitoramento de educação para todos Brasil 2008: educação para todos em 2015; alcançaremos a meta?** Brasília: UNESCO, 2008.

BUZAN, T. **How to mind map**. Thorsons, London, 2002.

DAMÁSIO, F. CALLONI, G. **Plasma: dos antigos gregos à televisão que você quer ver**. Física na Escola. V. 9, n. 1, 2008.

MENEZES, L. C. de. **A matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005

MOREIRA, M. A. **Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review, v. 1, n. 2, p.43-63. 2011. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf>. Acesso em 08 março de 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais & diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2006.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **Física na Escola**, v. 4, n. 1, 2003.

ZIEBELL, Luiz F. **O quarto estado da matéria**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2004. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/tapf/n15_Ziebell.pdf Acessado em 24 de julho de 2013.

Textos de Apoio ao Professor de Física

Disponíveis em: http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/mostra_ta.php

- n°. 1 Um Programa de Atividades sobre de Física para a 8ª Série do 1º Grau
Rolando Axt, Maria Helena Steffani e Vitor Hugo Guimarães, 1990.
- n°. 2 Radioatividade
Magale Elisa Brückmann e Susana Gomes Fries, 1991.
- n°. 3 Mapas Conceituais no Ensino de Física
Marco Antonio Moreira, 1992.
- n°. 4 Um Laboratório de Física para Ensino Médio
Rolando Axt e Magale Elisa Brückmann, 1993.
- n°. 5 Física para Secundaristas – Fenômenos Mecânicos e Térmicos
Rolando Axt e Virgínia Mello Alves, 1994.
- n°. 6 Física para Secundaristas – Eletromagnetismo e Óptica
Rolando Axt e Virgínia Mello Alves, 1995.
- n°. 7 Diagramas V no Ensino de Física
Marco Antonio Moreira, 1996.
- n°. 8 Supercondutividade – Uma proposta de inserção no Ensino Médio
Fernanda Ostermann, Letície Mendonça Ferreira, Claudio de Holanda Cavalcanti, 1997.
- n°. 9 Energia, entropia e irreversibilidade
Marco Antonio Moreira, 1998.
- n°. 10 Teorias construtivistas
Marco Antonio Moreira e Fernanda Ostermann, 1999.
- n°. 11 Teoria da relatividade especial
Trieste Freire Ricci, 2000.
- n°. 12 Partículas elementares e interações fundamentais
Fernanda Ostermann, 2001.
- n°. 13 Introdução à Mecânica Quântica. Notas de curso
Ileana Maria Greca e Victoria Elnecave Herscovitz, 2002.
- n°. 14 Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do ensino médio
Trieste Freire Ricci e Fernanda Ostermann, 2003.
- n°. 15 O quarto estado da matéria
Luiz Fernando Ziebell, 2004.
- v. 16, n. 1 Atividades experimentais de Física para crianças de 7 a 10 anos de idade
Carlos Schroeder, 2005.
- v. 16, n. 2 O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física
Lucia Forgiarini da Silva e Eliane Angela Veit, 2005.
- v. 16, n. 3 Epistemologias do Século XX
Neusa Teresinha Massoni, 2005.

- v. 16, n. 4 Atividades de Ciências para a 8a série do Ensino Fundamental: Astronomia, luz e cores
Alberto Antonio Mees, Cláudia Teresinha Jraige de Andrade e Maria Helena Steffani, 2005.
- v. 16, n. 5 Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein
Jeferson Fernando Wolff e Paulo Machado Mors, 2005.
- v. 16, n. 6 Trabalhos trimestrais: pequenos projetos de pesquisa no ensino de Física
Luiz André Mützenberg, 2005.
- v. 17, n. 1 Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio
Maria Beatriz dos Santos Almeida Moraes e Rejane Maria Ribeiro-Teixeira, 2006.
- v. 17, n. 2 A estratégia dos projetos didáticos no ensino de física na educação de jovens e adultos (EJA)
Karen Espindola e Marco Antonio Moreira, 2006.
- v. 17, n. 3 Introdução ao conceito de energia
Alessandro Bucussi, 2006.
- v. 17, n. 4 Roteiros para atividades experimentais de Física para crianças de seis anos de idade
Rita Margarete Grala, 2006.
- v. 17, n. 5 Inserção de Mecânica Quântica no Ensino Médio: uma proposta para professores
Márcia Cândida Montano Webber e Trieste Freire Ricci, 2006.
- v. 17, n. 6 Unidades didáticas para a formação de docentes das séries iniciais do ensino fundamental
Marcelo Araújo Machado e Fernanda Ostermann, 2006.
- v. 18, n. 1 A Física na audição humana
Laura Rita Rui, 2007.
- v. 18, n. 2 Concepções alternativas em Óptica
Voltaire de Oliveira Almeida, Carolina Abs da Cruz e Paulo Azevedo Soave, 2007.
- v. 18, n. 3 A inserção de tópicos de Astronomia no estudo da Mecânica em uma abordagem epistemológica
Érico Kemper, 2007.
- v. 18, n. 4 O Sistema Solar – Um Programa de Astronomia para o Ensino Médio
Andréia Pessi Uhr, 2007.
- v. 18, n. 5 Material de apoio didático para o primeiro contato formal com Física; Fluidos
Felipe Damasio e Maria Helena Steffani, 2007.
- v. 18, n. 6 Utilizando um forno de microondas e um disco rígido de um computador como laboratório de Física
Ivo Mai, Naira Maria Balzaretti e João Edgar Schmidt, 2007.
- v. 19, n. 1 Ensino de Física Térmica na escola de nível médio: aquisição automática de dados como elemento motivador de discussões conceituais
Denise Borges Sias e Rejane Maria Ribeiro-Teixeira, 2008.
- v. 19, n. 2 Uma introdução ao processo da medição no Ensino Médio
César Augusto Steffens, Eliane Angela Veit e Fernando Lang da Silveira, 2008.

- v. 19, n. 3 Um curso introdutório à Astronomia para a formação inicial de professores de Ensino Fundamental, em nível médio
Sônia Elisa Marchi Gonzatti, Trieste Freire Ricci e Maria de Fátima Oliveira Saraiva, 2008.
- v. 19, n. 4 Sugestões ao professor de Física para abordar tópicos de Mecânica Quântica no Ensino Médio
Sabrina Soares, Iramaia Cabral de Paulo e Marco Antonio Moreira, 2008.
- v. 19, n. 5 Física Térmica: uma abordagem histórica e experimental
Juleana Boeira Michelena e Paulo Machado Mors, 2008.
- v. 19, n. 6 Uma alternativa para o ensino da Dinâmica no Ensino Médio a partir da resolução qualitativa de problemas
Carla Simone Facchinello e Marco Antonio Moreira, 2008.
- v. 20, n. 1 Uma visão histórica da Filosofia da Ciência com ênfase na Física
Eduardo Alcides Peter e Paulo Machado Mors, 2009.
- v. 20, n. 2 Relatividade de Einstein em uma abordagem histórico-fenomenológica
Felipe Damasio e Trieste Freire Ricci, 2009.
- v. 20, n. 3 Mecânica dos fluidos: uma abordagem histórica
Luciano Dernadin de Oliveira e Paulo Machado Mors, 2009.
- v. 20, n. 4 Física no Ensino Fundamental: atividades lúdicas e jogos computadorizados
Zilk M. Herzog e Maria Helena Steffani, 2009.
- v. 20, n. 5 Física Térmica
Nelson R. L. Marques e Ives Solano Araujo, 2009.
- v. 20, n. 6 Breve introdução à Física e ao Eletromagnetismo
Marco Antonio Moreira, 2009.
- v. 21, n. 1 Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio
Lizandra Botton Marion Morini, Eliane Angela Veit, Fernando Lang da Silveira, 2010.
- v. 21, n. 2 Aplicações do Eletromagnetismo, Óptica, Ondas, da Física Moderna e Contemporânea na Medicina (1ª Parte)
Mara Fernanda Parisoto e José Túlio Moro, 2010.
- v. 21, n. 3 Aplicações do Eletromagnetismo, Óptica, Ondas, da Física Moderna e Contemporânea na Medicina (2ª Parte)
Mara Fernanda Parisoto e José Túlio Moro, 2010.
- v. 21, n. 4 O movimento circular uniforme: uma proposta contextualizada para a Educação de Jovens e Adultos (EJA)
Wilson Leandro Krummenauer, Sayonara Salvador Cabral da Costa e Fernando Lang da Silveira, 2010.
- v. 21, n. 5 Energia: situações para a sala de aula
Marcia Frank de Rodrigues, Flávia Maria Teixeira dos Santos e Fernando Lang da Silveira, 2010.
- v. 21, n. 6 Introdução à modelagem científica
Rafael Vasques Brandão, Ives Solano Araujo e Eliane Angela Veit, 2010.
- v. 22, n. 1 Breve introdução à Lei de Gauss para a eletricidade e à Lei de Ampere-Maxwell

- Ives Solano Araujo e Marco Antonio Moreira, 2011.
- v. 22, n. 4 Visões epistemológicas contemporâneas: uma introdução
Marco Antonio Moreira e Neusa Teresinha Massoni, 2011.
- v. 22, n. 5 Introdução à Física das Radiações
Rogério Fachel de Medeiros e Flávia Maria Teixeira dos Santos, 2011.
- v. 22, n. 6 O átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje
Lisiane Araujo Pinheiro, Sayonara Salvador Cabral da Costa e Marco Antonio Moreira,
2011.
- v. 23, n. 1 Situações-problema como motivação para o estudo de Física no 9o ano
Terrimar I. Pasqualetto , Rejane M. Ribeiro-Teixeira e Marco Antonio Moreira, 2012.
- v. 23, n. 3 Universo, Terra e Vida: aprendizagem por investigação
Roberta Lima Moretti, Maria de Fátima Oliveira Saraiva e Eliane Angela Veit, 2012.
- v. 23, n. 4 Ensinando Física através do radioamadorismo
Gentil César Bruscato e Paulo Machado Mors, 2012.
- v. 23, n. 5 Física na cozinha
Lairane Rekovsky, 2012.
- v. 23, n. 6 Inserção de conteúdos de Física Quântica no Ensino Médio através de uma unidade de
ensino potencialmente significativa
Adriane Griebeler e Marco Antonio Moreira, 2013.
- v. 24, n. 1 Ensinando Física Térmica com um refrigerador
Rodrigo Pogliа e Maria Helena Steffani, 2013.
- v. 24, n. 2 Einstein e a Teoria da Relatividade Especial: uma abordagem histórica e introdutória
Melina Silva de Lima, 2013.
- v. 24, n. 3 A Física dos equipamentos utilizados em eletrotermofototerapia
Alexandre Novicki, 2013.
- v. 24, n. 4 O uso de mapas e esquemas conceituais em sala de aula
Angela Denise Eich Müller e Marco Antonio Moreira, 2013.
- v. 24, n. 5 Evolução temporal em Mecânica Quântica: conceitos fundamentais envolvidos
Glaucó Cohen F. Pantoja e Victoria Elnecave Herscovitz, 2013.
- v. 24, n. 6 Aprendizagem significativa em mapas conceituais
Marco Antonio Moreira, 2013.
- v. 25, n. 1 Introdução ao uso de tecnologias no Ensino de Física experimental dirigida a
licenciandos de Física
Leandro Paludo, Eliane Angela Veit e Fernando Lang da Silveira, 2014.
- v.25, n. 2 Uma proposta para a introdução dos plasmas no estudo dos estados físicos da matéria
no Ensino Médio
Luís Galileu G. Tonelli e Marco Antônio Moreira, 2014.
- v. 25, n. 3 Abordagem de conceitos de Termodinâmica no Ensino Médio por meio de Unidades de
Ensino Potencialmente Significativas
Marcos Pradella e Marco Antônio Moreira, 2014.
- v. 25, n. 4 Arduíno para físicos: uma ferramenta prática para aquisição de dados automáticos
Rafael Frank de Rodrigues e Silvio Luiz Souza Cunha, 2014.

- v. 25, n. 5 Ensino de conceitos básicos de eletricidade através da análise do consumo de energia elétrica na escola
Adroaldo Carpes de Lara, Ives Solano Araujo e Fernando Lang da Silveira, 2014.
- v. 25, n. 6 Pequenos projetos de Física no Ensino não formal
Camilla Lima dos Reis e Maria Helena Steffani, 2014.