I —

"CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE A ENERGIA NAS REACÇÕES QUÍMICAS"

Isabel P. Martins
Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro

ÍNDICE

Nota Introdutória 5

1. Introdução 11

2. Objectivo do trabalho 14

3. Concepções alternativas dos alunos: Discussão e sugestões didácticas 16

3.1. A concepção alternativa "Reagente Principal" 17

3.2. Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Reagente Principal" 20

3.3. A concepção alternativa "Modelos Sequenciais 22

3.4. Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Modelos Sequenciais" 23

3.5. A concepção alternativa "Modelos de Activação" 24

3.6. Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Modelos de Activação" 25

3.7. A concepção alternativa "Modelo de Estado Físico-Energia" 27

3.8. Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Modelo EFE" 29

4. Diagnóstico de concepções alternativas na sala de aula 29

Anexo 1 — Tarefas usadas 32

Anexo 2 — Questões usadas no Questionário 34

Referências Bibliográficas 37

1. INTRODUÇÃO

Um dos temas considerados por professores, investigadores e elaboradores de currículos, de indiscutível centralidade em todos os programas de Química, é o de "reacção química", embora abordado em diferentes graus de profundidade, dependendo do ano de escolaridade.

Nas reacções químicas um dos aspectos com grande destaque nos programas, e referido por professores e alunos como particularmente problemático em termos de aprendizagem, é o tema da energia envolvida no processo (Finley, Stewart e Yarroch 1982; Johnstone 1980; Shaibu 1988). A importância deste tema é ainda acrescida pela relevância que apresenta em outras áreas disciplinares, por exemplo, em Biologia (muitos processos bioquímicos).

A Tabela 1 é ilustrativa da importância dos tópicos "reacção química" e/ou "energia" nos programas de diversas disciplinas (não de Química) do 5º ao 12º ano de escolaridade.

Nos programas de Química em vigor e nas propostas de novos programas em fase de experimentação na reforma curricular em curso, pode verificar-se uma elevada saliência do tema " Energia nas reacções químicas ".

Alguns dos conceitos mais relevantes necessários ao desenvolvimento deste tema, e contemplados nos currículos de Química, são: estrutura da matéria, sistema químico, reagentes e produtos da reacção (natureza do sistema), interacção entre reagentes e formação de produtos da reacção, variação da temperatura e energia do sistema, reacções exo e endoenergéticas, conservação da energia, espontaneidade e não-espontaneidade de reacção.

TABELA 1. Exemplos de tópicos envolvendo conceitos de reacção química e/ou energia, em programas de diversas disciplinas de Ciências (em vigor e em regime de experimentação).

Ano de escolaridade	TÓPICO
5º	Combustões. Estudo experimental da composição do ar. Actividades dos seres vivos. Fontes e formas de energia. Tranferência de energia. Variação da energia térmica dos corpos. Propriedades da água. Constituição da matéria.

(cont.)

(cont.)

Ano de escolaridade	TÓPICO
6º	Respiração (teste de identificação do CO2). Constituição dos ossos. Energia dos alimentos. Fotossíntese.
7º	Fotossíntese. Luz fonte de energia para as plantas. Energia química armazenada (nos alimentos, nos combustíveis, nas "ligações químicas" - ATP). Conversão de energia luminosa em energia química. Fontes e manifestações de energia. Formas de energia. Respiração.
8º	Respiração. Fotossíntese. Ciclo do carbono, da água, do oxigénio, do azoto, do cálcio e do fósforo. Poluição atmosférica, da água e dos solos. Energia fonte de vida. Ecossistemas e energia.
9º	Testes sobre a composição do pão e leite. Função digestiva. Metabolismo celular. Constituição dos ossos. Valor energético dos nutrientes (glícidos, lípidos e prótidos) e sua conversão em moléculas mais simples. Poluição (ar, água, solo). Tipos de energia: cinética e potencial (várias categorias - gravítica, química, eléctrica, magnética, elástica, nuclear). Interconversão energia cinética - energia potencial. Calor e temperatura. Conservação da energia.
10º	Factores abióticos. Poluição atmosférica. Fluxo de energia solar. Ciclos biogeoquímicos. A descoberta da energia fóssil. Princípios da termodinâmica. Composição química da célula: ligações químicas, energia química, tipos de reacções químicas, variações de energia nas reacções químicas; moléculas constituintes das células - testes de identificação, enzimas e actividade enzimática; ácidos nucleicos. A célula e a energia; acumulação da energia em moléculas de ATP e seu consumo; energia dos nutrientes: respiração e fermentação. Fotossíntese.

(cont.)

(cont.)

Ano de escolaridade	TÓPICO
	Energia mecânica. Formas cinética e potencial da energia mecânica; energia potencial gravítica. Princípio da conservação da energia mecânica. Degradação da energia. Imunologia.
11º	Regulação hormonal. Regulação da produção de energia. Regulação do equilíbrio hidrossalino. Energia electrostática de um condutor electrizado. Efeito de descarga de um condensador. Efeito Joule: transformação de energia num condutor.
12º	Origem da vida. Sistema respiratório. Sistema digestivo. Sistema excretor. Energia potencial. Conservação da energia mecânica. Princípio da conservação da energia. Energia de um oscilador. Propagação da energia. Temperatura. Equilíbrio térmico. Temperatura e energia interna. Trabalho e calor. 1ª e 2ª leis da Termodinâmica. Capacidade calorífica e calor específico. Transformações com trocas de calor e trabalho. Entropia. Ciclo de Carnot. Princípio de incerteza de Heisenberg. Estrutura atómica. Energia de ligação dos núcleos. Reacções de fusão e cisão nucleares. Matéria e natureza das radiações. Equivalência massa-energia. Estrutura electrónica dos átomos. Ligação química e estrutura molecular. Estrutura e propriedades de gases, líquidos e sólidos. Equilíbrio químico. Reacções de ácido-base. Reacções de oxidação-redução. Principais reacções de compostos de carbono. Variações de energia e de entropia nas reacções químicas. Velocidade e mecanismo das reacções. Transformações nucleares.

Apesar da abordagem do tema "energia" se fazer a partir do 5º ano de escolaridade, o seu tratamento no contexto das reacções químicas só é introduzido nos programas de Química.*

* A análise que a seguir se desenvolve tem por referência os programas ainda em vigor, dado que nesta data são apenas conhecidos os programas de Física e Química para 8º e 10º ano, em fase de experimentação.

Assim, a nível do 8º ano, é reconhecida, operacionalmente, a existência de reacções químicas envolvendo ou aumento da temperatura (exotérmicas) ou a sua diminuição (endotérmicas), com eventual referência à conservação da energia total.

No 9º ano de escolaridade, e no programa de Física, são tratados os temas energia cinética e potencial, conservação da energia, calor e temperatura, sendo as variações de temperatura de um corpo interpretadas em função de alterações da velocidade molecular (média) por partícula. Embora no programa de Química do 9º ano o tema "energia" não volte a ser abordado em si mesmo, o aluno deverá ser capaz de interpretar variações de temperatura que acompanham as reacções químicas, por aumento ou diminuição da energia cinética molecular por partícula dos produtos da reacção, respectivamente no caso das reacções exotérmicas e endotérmicas, quando comparada com a energia cinética molecular por partícula dos reagentes.

No 10º ano de escolaridade é introduzido o conceito de energia de ligação, o qual funciona, no 11º ano, como um pré-requisito para o tratamento formal, qualitativo e quantitativo, das transformações de energia cinético-potencial, de saldo energético e de conservação de energia nas transformações químicas.

Do que foi referido anteriormente, reveste-se de grande importância educacional conhecer eventuais concepções alternativas de alunos relativamente ao tema "Energia nas reacções químicas" com vista a poder fundamentar propostas didácticas que permitam promover a mudança conceptual dos alunos. É de um estudo sobre este tema que a seguir se tratará.

2. OBJECTIVO DO TRABALHO

Com o trabalho que agora se apresenta pretende-se:

(1) Caracterizar concepções alternativas evidenciadas por alunos do 9º. e do 11º. anos de escolaridade na interpretação das variações de energia envolvidas nos seguintes tipos de reacções químicas: reacção endoenergética, espontânea e não espontânea à temperatura ambiente, e reacção exoenergética, com iniciação térmica e espontânea à temperatura ambiente.

(2) Discutir razões possíveis para a existência de tais concepções alternativas e eventuais implicações educacionais.

Com vista a permitir a compreensão da natureza das concepções alternativas evidenciadas pelos alunos, torna-se importante definir o nível esperado de elaboração do conteúdo, no pressuposto de aprendizagem conseguida, para cada um dos níveis de escolaridade.

Embora no presente trabalho se desenvolva apenas o tema da "Energia nas Reacções Químicas", ou seja, a componente energética das transformações químicas, é importante não ignorar a componente estrutural das mesmas. Com efeito, do ponto de vista conceptual as duas estão estreitamente ligadas e, nas ideias alternativas evidenciadas pelos alunos, uma ligação, ainda que não adequada, poderá subsistir.

A interpretação adequada de ocorrência de uma reacção química implica a ideia de não conservação de unidades estruturais dos reagentes e formação, simultânea, de novas unidades estruturais responsáveis pelos produtos de reacção.

A diferença entre a resposta adequada para 9º ano e 11º ano, diz respeito à especificação das unidades estruturais (eventualmente com discriminação das ligações envolvidas) e à natureza e tipo das ligações intra e intermoleculares em causa no processo de ruptura de ligações e formação de novas.

No que respeita à interpretação dos aspectos energéticos, a resposta adequada contempla o envolvimento dos dois subsistemas, reagentes e produtos da reacção. O processo de variação da energia entre o sistema inicial e final é, pois, um processo bilateral. No entanto, os atributos definicionais previstos para os dois níveis de escolaridade são diferentes.

A distinção é estabelecida a nível microscópio: na tranformação de energia cinético-molecular em energia potencial de ligação ou vice-versa, e no entendimento do saldo energético em função dos processos estruturais de ruptura e fecho de ligações químicas (intramoleculares e intermoleculares).

A nível do 9º ano é considerado adequado admitir que as reacções endotérmicas ocorrem com diminuição da temperatura, por ser menor no sistema final (produtos de reacção) a energia cinética por partícula, relativamente ao sistema inicial. Este processo verifica-se para as reacções espontâneas à temperatura ambiente (caso da reacção entre o cloreto de amónio e a água), e para as reacções a temperaturas elevadas (caso da cozedura de um ovo, ou da decomposição do óxido de mercúrio ou do carbonato de cálcio).

As reacções exotérmicas são acompanhadas de aumento da energia cinética por partícula do sistema final em relação à do sistema inicial, aumentando por isso a temperatura com consequente transferência de energia, na forma de calor, para o exterior, caso o sistema não se encontre isolado. Há reacções que necessitam de temperatura mais elevada para se começarem a processar visivelmente (iniciação térmica), como a maioria das combustões, e depois progridem por si mesmas. Outras reacções ocorrem à temperatura ambiente por contacto entre os reagentes, como, por exemplo, a reacção entre o sódio e a água.

No 11º ano de escolaridade a variação da energia é interpretada em termos da alteração verificada no sistema de ligações químicas. A ruptura e a formação, simultânea, das ligações químicas são acompanhadas por trocas de energia: na ruptura há diminuição de energia cinética (consumo de energia) e na formação de ligações há aumento de energia cinética (libertação de energia).

Nas reacções endotérmicas a energia consumida, no total, é superior à energia libertada o que implica uma transformação de energia cinético-molecular média por partícula em energia potencial de ligação com consequente diminuição da temperatura. No sistema isolado não é possível haver transferência de energia do exterior para dentro do sistema pelo que a diminuição da temperatura é ainda mais acentuada do que para o mesmo sistema não isolado. Há conservação da energia total.

Nas reacções exotérmicas o saldo energético é inverso: a energia consumida, no total, é inferior à energia libertada havendo, por isso, um aumento da energia cinético-molecular média por partícula e o correspondente aumento da temperatura do sistema, o qual transfere energia para o exterior com vista ao equilíbrio térmico, caso não esteja isolado.

3. CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ALUNOS: DISCUSSÃO E SUGESTÕES DIDÁCTICAS

O modo (não adequado) como os alunos interpretam as variações de temperatura e/ou de energia que acompanham uma dada reacção química tem a ver fundamentalmente com o tipo de processo preconizado: bilateral (envolvendo o subsistema dos reagentes e o subsistema dos produtos da reacção) ou unilateral (envolvendo apenas um dos subsistemas normalmente o dos reagentes, e, muitas vezes, apenas um destes). No caso do processo bilateral pode não ser previsto a existência de balanço energético (necessário na resposta adequada), e a evolução do sistema ser entendida por etapas sequenciais. Para os processos unilaterais pode acontecer que as interpretações envolvam atributos de natureza microscópica (unidades estruturais, ligações químicas) ou apenas atributos macroscópicos, originando explicações meramente do tipo descritivo.

As concepções alternativas (CA) que a seguir se apresentam, se caracterizam e se discutem foram identificadas numa amostra de 30 alunos (15 do 9º ano e 15 do 11º ano), por entrevista individual profunda conduzida em torno de quatro tarefas de natureza experimental (anexo 1), qualquer delas facilmente utilizável na sala de aula.

Para averiguação da extensão noutros alunos das CA identificadas utilizou-se um questionário escrito (anexo 2), construído a partir das CA identificadas no grupo entrevistado. O questionário foi administrado

pelos professores de Química de cada uma das turmas, durante uma aula normal. Utilizou-se um grupo de 448 alunos: 262 do 9º ano e 186 do 11º ano. Todos os alunos participaram no estudo em regime de voluntariado (Martins 1989).

A análise do conteúdo das respostas obtidas durante a entrevista processou-se utilizando o método dos inventários conceptuais desenvolvido por Erickson (1979 e 1981). De acordo com este método, foi necessário construir, para cada uma das tarefas, categorias de respostas dos alunos dizendo respeito ao processo de variação da energia do sistema dos reagentes para o sistema dos produtos da reacção (componente energética das reacções químicas). Uma categoria de resposta reflecte, pois, uma ideia apresentada por mais do que um aluno, para explicar uma dada tarefa, num determinado aspecto do conteúdo. A partir das categorias de resposta definiram-se as concepções alternativas dos alunos as quais são independentes dos aspectos particulares das tarefas.

São quatro as concepções alternativas identificadas:

(1) Reagente Principal
(2) Modelos Sequenciais
(3) Modelos de Activação
(4) Modelo de Estado Físico-Energia

Cada CA designa uma ideia que foi identificada para tarefas distintas (elaboradas e apresentadas para testar conceitos numa determinada área), embora não necessariamente pelo mesmo aluno (Engel Clough e Driver 1986). A importância das concepções alternativas definidas deste modo resulta do seu carácter geral podendo funcionar como verdadeiros "modelos teóricos" do aluno capazes de serem usados em diferentes contextos (Watts 1982).

3.1 A Concepção Alternativa "Reagente Principal"

Por "Reagente Principal" (RP) entende-se, no presente estudo, a ideia que traduz um papel preponderante (eventualmente exclusivo) de um dos reagentes no desenrolar de uma reacção química.

Nos aspectos energéticos, tal preponderância pode significar que a energia libertada na reacção provém, preponderante ou exclusivamente, de um dos reagentes, ou a energia necessária para a reacção ocorrer é absorvida por um deles.

TABELA 2. Alunos (em %) que apresentaram a ideia de"RP", por tarefa.

	TAREFAS		
ANO	"Papel"	"Sódio"	"Cl-amónio"
9º	100,0	93,3	20,0
11º	66,7	40,0	6,7

Nas tarefas indicadas o "RP" considerado foi o papel, o sódio e o cloreto de amónio, respectivamente.

Verifica-se (ver tabela 2) que a ideia de " Reagente Principal " foi:

(1) muito saliente nos casos da "Combustão do papel" e da "Reacção entre o sódio e a água";

(2) mais saliente para os alunos do 9º ano.

De realçar que a ideia de "RP" se distingue da ideia de "conservação de substâncias numa reacção química", referida por outros autores (Driver 1985; Méheut et al. 1985) e também identificada no presente estudo (por exemplo, "... ficaram aquelas substâncias que existiam no papel que não eram combustíveis, mantiveram-se... as substâncias que estão no papel queimado podem ser todas menos as que saíram no dióxido de carbono ..." (Aluno do 11º ano), por duas importantes razões:

(1) é mais geral, visto poder ter lugar em casos em que a ideia de conservação de substância não se manifesta;

(2) é extensiva também à componente energética das reacções químicas (um aspecto mencionado na literatura a partir de 1987, em trabalhos desenvolvidos por Cachapuz e Martins, no contexto do presente estudo; referências em anexo).

É interessante referir que, em termos históricos a ideia de "Reagente Principal" pode ser vista como uma versão contemporânea de ideias defendidas por alquimistas, nomeadamente no final do séc XIII, para explicar fenómenos de ocorrência natural, em particular as combustões, como, por exemplo, a "teoria dos princípios" (Vidal 1986) e a "teoria flogística" do séc. XVIII (ver, por exemplo, Costa 1988).

Outros aspectos que poderão ter estado na origem da CA"RP" são:

i) a percepção do sistema químico; ii) a linguagem usada; iii) algumas práticas de instrução; e iv) razões de natureza cultural.

Vejamos cada um deles em particular.

i) A saliência perceptual relativa de diferentes aspectos da tarefa poderá ter estado na base da informação seleccionada para a construção do significado por parte do aluno, de acordo com o modelo de aprendizagem generativa (Osborne e Wittrock 1985). Assim, "o que não se vê não faz parte do sistema", caso do oxigénio nas reacções de combustão realizadas em sistema aberto. Daí o papel poder ser considerado o "RP" na "Combustão do papel".

No caso da reacção entre o sódio e a água, é de admitir que a chama (observada junto ao sódio) e a movimentação do pedacinho de sódio possam ter estado na origem de ideias de "RP" a favor do sódio.

ii) Alguns aspectos de linguagem poderão contribuir, provavelmente, para o reforço ou o desenvolvimento da ideia de RP. Por exemplo, a expressão de uso frequente "reacção de A com B" poderá sugerir ao aluno maior destaque de A relativamente a B (no caso, "reacção do sódio com a água"). A utilização da expressão "reacção entre A e B" parece ser mais adequada (Cachapuz e Martins 1989).

iii) O modo como certos conceitos terão sido, provavelmente, introduzidos em anos anteriores, por exemplo, a definição de "combustível e comburente"(A), e os "modelos de estado físico da matéria"(B), poderão estar na origem de papéis diferentes para os intervenientes numa reacção de combustão, ou que os sólidos possuem mais energia do que os líquidos ou os gases.

Daí, eventualmente, a ideia de "RP" para o papel na reacção de combustão, ou para o sódio, no caso da reacção entre o sódio e água.

(A) "Combustível é a substância que arde; comburente é a substância que permite o desencadear da combustão, neste caso, o oxigénio", descrição apresentada em manuais escolares de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade.

(B) "Dos sólidos para os líquidos e destes para os gases, as partículas dispõem-se cada vez menos regularmente diminuindo as forças de ligação e aumentando a distância entre elas e a sua agitação", descrição adoptada no 5º ano de escolaridade.

Por exemplo,

"... o papel perde energia de ligação que tinha... se o papel não tivesse energia não estavam as moléculas todas juntas, perdeu a energia porque elas se desligaram... liberta energia porque o papel era muito mais forte antes de ser queimado... está-se a libertar energia porque ficou muito mais fraco o papel, a cinza..."

(Aluno do 9º ano)

"... há mais energia no sódio do que na água... porque estava sólido e a água líquida... porque as suas moléculas estão mais juntas... e por isso tem que haver uma maior energia de ligação..."

(Aluno do 9º ano)

3.2 Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Reagente Principal"

Algumas sugestões poderão ser adiantadas, numa perspectiva de ensino-aprendizagem do tipo construtiva.

A ideia de "RP" parece ser particularmente relevante no caso de sistemas químicos heterogéneos, onde a modificação é "vista" ocorrer sobretudo num dos componentes. Assim, e no caso particular de reacções de combustão, é necessário salientar a intervenção do oxigénio, como reagente que se transforma. Referir apenas a presença indispensável do oxigénio não será, certamente, o bastante para o aluno compreender a sua intervenção. Por exemplo, o aluno poderá admitir que a transformação ocorreu ao nível das moléculas do outro reagente, e o oxigénio simplesmente se juntou aos fragmentos, resultando assim numa nova molécula:

"... a molécula de oxigénio continua na mesma constituída por dois átomos... juntou-se com o carbono e formou-se uma nova molécula..."

(Aluno do 11º ano).

As ideias dos alunos poderão, eventualmente, ser guiadas pelo conhecimento da composição molecular do oxigénio e do dióxido de carbono; para eles é como se a molécula O2 existisse dentro da molécula CO2. Neste contexto poderá apresentar alguma utilidade o uso de fórmulas de estrutura (ainda que simplificadas no 3º ciclo do E.B.), para a representação de reagentes e produtos da combustão.

Uma concepção estrutural deste tipo para a reacção reforçará a existência de uma função preponderante do "combustível" na energia libertada na reacção de combustão. Com efeito, se o aluno não admite a modificação do oxigénio não poderá compreender, nem sentir a necessidade do seu envolvimento para explicar a energia libertada.

Uma maneira possível de salientar a intervenção do oxigénio na transformação será a realização de reacções de combustão em frascos cheios de oxigénio, com dimensão tal que a combustão (do "combustível") não ocorra completamente.

No que respeita a práticas de linguagem, a ideia de "RP" pode, eventualmente, ser reforçada por algumas delas. Assim, o uso corrente da expressão "combustão de..." sempre referente ao "combustível" poderá acentuar no aluno a ideia de que a transformação se opera apenas a nível desse reagente, tal como se depreende da afirmação:

"... a combustão é qualquer coisa que arde, que está a arder..."

(Aluno do 9º ano).

Embora não seja fácil propor uma designação alternativa, sugere-se que ao utilizar-se a expressão "combustão de..." se explicite que tal significa "reacção entre... e o oxigénio".

Também as designações de "combustível" e "comburente" e definições usadas em anos anteriores poderão estar na origem de papéis distintos para os dois intervenientes. Se estas designações forem utilizadas dever-se-á esclarecer que elas traduzem, convencionalmente, determinados aspectos de combustão, por exemplo, a "localização" da chama.

No caso da reacção entre o sódio e a água, a movimentação do pedacinho de sódio e a chama observada poderão ter contribuido para a atribuição de uma função preponderante ao sódio. Uma maneira de destacar o papel da água na reacção em curso será colocar o pedacinho de sódio sobre um papel e este sobre a água, e salientar que nada acontece até o sódio contactar com a água. Evidentemente que, neste caso, a chama (resultante da combustão do hidrogénio) será reforçada pela combustão do próprio papel. Uma maneira de evidenciar isto será usar diferentes quantidades de papel.

Dos resultados obtidos neste estudo será de prever que os alunos possam atribuir uma chama a uma combustão, mas não forçosamente à adequada. Assim, no caso da reacção entre o sódio e a água, a chama observada poderá ser considerada como resultante da combustão do "reagente principal", o sódio. Por outro lado, a água, segundo o senso comum, não será nunca responsável por qualquer combustão, o que poderá ser um reforço da ideia do sódio como o principal responsável pelos efeitos observados.

Também aspectos representacionais relativos à escrita de equações químicas apresentando os reagentes sempre por determinada ordem (por exemplo, o "combustível" antes do oxigénio, o metal alcalino antes da água) poderão favorecer a ideia de um papel mais relevante para o primeiro. Nesta perspectiva poderá ser útil variar a ordem de representação dos reagentes nas equações químicas.

3.3 A Concepção Alternativa "Modelos Sequenciais"

A CA designada por "Modelos Sequenciais" (MS) reflecte o entendimento de uma reacção química em termos de ocorrência de duas etapas sequenciais. Aquilo que caracteriza fundamentalmente esta CA é a necessidade de haver primeiro ruptura de ligações nas substâncias reagentes e só após esse passo poder haver formação de outras ligações, com aparecimento dos produtos da reacção. Trata-se pois de um modelo não interactivo entre o subsistema dos reagentes e o dos produtos da reacção.

A nível da componente energética das reacções químicas, o uso de "Modelos Sequenciais" compreende o envolvimento de energia nas duas (ou em uma) etapas atrás referidas, podendo esse envolvimento ser do mesmo ou de diferente tipo (i. e., a ruptura e a formação de ligações implicarem ambas absorção ou libertação de energia, ou, num caso haver absorção e no outro haver libertação). Em nenhum caso houve evidência de que os alunos revelassem compreensão sobre a transformação de energia cinética das partículas em energia potencial de ligação, ou vice-versa.

TABELA 3. Alunos (em %) com a ideia "MS", por tarefa.

	TAREFAS			
ANO	"Ovo"	"Papel"	"Sódio"	"Cl-amónio
9º	0	0	0	0
11º	13,3	26,7	46,7	13,3

A ideia MS foi:

(1) apresentada exclusivamente pelos alunos do 11º ano;
(2) mais acentuada nas tarefas "Papel" e "Sódio";
(3) extensiva às quatro tarefas utilizadas.

A concepção alternativa "MS" pode ser vista como uma tentativa de diminuir o excesso de informação necessária para desenvolver uma percepção adequada do sistema químico: dois subsistemas, reagentes e produtos da reacção, interactuando, com processos de ruptura e fecho de ligações simultâneos, e envolvendo energia de modo articulado.

O aluno poderá, nesse sentido, fazer uso de interpretações analógicas retiradas de contextos familiares, nomeadamente de índole mecanicista como, por exemplo:

"... suponhamos assim uma fila de átomos... o primeiro vai receber energia, depois liberta essa energia que vai ser absorvida pelo segundo que vai libertar energia que por sua vez vai ser absorvida pelo terceiro e é sempre assim em cadeia..."
(Aluno do 11º ano, na "Combustão do papel").

Possivelmente, o aluno terá considerado que a transferência de energia ao longo de um sistema mecânico, choque em cadeia, é idêntica à transferência de energia de umas ligações químicas para outras.

Também certas representações utilizadas em manuais escolares de Química para o 11º ano, relativas a diagramas da energia potencial dos dois subsistemas, desfasando reagentes e produtos da reacção segundo o eixo das abcissas, poderá reforçar a ideia de não-interacção entre eles. Por exemplo,

"... os dois átomos de oxigénio da molécula separando-se... portanto ficam prontos para ter outras ligações... também vai haver ruptura nas ligações do papel e esses átomos já com as ligações cortadas podem dar origem a novas ligações com os átomos de oxigénio..."
(Aluno do 11º ano).

é indicador de um estádio intermédio, entre reagentes e produtos da reacção, constituído por "átomos separados".

3.4 Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Modelos Sequenciais"

Os "Modelos Sequenciais" evidenciados para explicar a componente energética das reacções químicas são representações envolvendo atributos microscópicos, onde existe uma visão compartimentada do sistema químico. A utilização, por parte dos alunos, de exemplos analógicos de índole mecanicista para explicar o que se passa ao nível microscópico poderá reflectir a ideia de que a energia se transfere dumas ligações para outras tal como acontece ao longo de um sistema mecânico. Assim, parece ser particularmente relevante que o professor esclareça que os dois domínios, macroscópico (sistema mecânico) e microscópico (moléculas e ligações químicas) são qualitativamente diferentes, pelo que a passagem de um para o outro não poderá ser feita de modo contínuo. Enquanto o domínio macroscópico diz respeito à realidade, o sistema reaccional, o domínio microscópico refere-se aos modelos explicativos construídos/inventados para interpretar essa mesma realidade.

Dado que, no estudo descrito, as ideias de sequencialidade poderão ter sido associadas com aspectos da cinética das reacções (as reacções demoraram um intervalo de tempo mensurável a ocorrer) sugere-se a utilização de reacções instantâneas, por exemplo reacções de precipitação, para discutir, no Ensino Secundário, aspectos relativos ao processo temporal de alteração do sistema de ligações químicas.

3.5 A Concepção Alternativa "Modelos de Activação"

Identificaram-se dois tipos de ideias dos alunos sobre o processo de activação térmica do sistema, "Modelos de Activação" (MA), reflectindo substancialização da energia de activação.

(1) "MA - Acumulação": A energia de activação entra no sistema químico (considerado no seu todo ou parcialmente) e nele permanece, sendo responsável pela transformação verificada.

Por exemplo,

"... depois de ser fornecido aquilo que é necessário para se dar a combustão (do papel) esse processo vai-se desenvolver ... porque já tem o necessário ... que é acender o papel e depois é que vai captar o oxigénio necessário para essa combustão se dar ..."

(Aluno do 11º ano)

(2) "MA - Circulação": A energia de activação entra no sistema químico e volta a sair.

Por exemplo,

"... (a energia que se liberta na combustão vem) do fogo a que o papel está sujeito... como há libertação de energia dessa parte (do papel que é transformado em cinzas) a juntar ao fogo que já tinhamos vai dar uma energia superior..."

(Aluno do 11º ano)

Os dois modelos de activação descritos diferem entre si fundamentalmente no que respeita à aplicação da ideia de conservação da energia e à noção de fronteira do sistema.

No caso do "MA - Acumulação" a ideia de conservação não está presente, visto a energia do sistema aumentar; o sistema final é fechado e, por isso, a energia não pode sair. No "MA - Circulação" existe uma tentativa de aplicação do princípio da conservação, embora, provavelmente, esta ideia seja reforçada pela confusão entre força e energia e pela noção de sistema

final aberto. De notar ainda que em ambos os "MA" a ideia de transformação da energia está ausente.

TABELA 4. Alunos (em %) com ideias segundo cada um dos "MA", por tarefa.

		TAREFAS			
Modelo de activação	Ano	"Ovo"	"Papel"	"Sódio"	Total
Acumulação	9º	26,7	13,3	0	13,3
	11º	33,3	40,0	0	24,4
Circulação	9º	26,7	60,0	20,0	35,6
	11º	6,7	26,7	6,7	13,3

Pode verificar-se também que, no conjunto das três tarefas, os alunos preferiram o "MA - Acumulação" no 11º ano e o "MA - Circulação" no 9º ano.

A utilização de qualquer dos "MA" referidos pode trazer como consequência para os alunos a dificuldade de diferenciação entre reacções endotérmicas e exotérmicas, por consideração de que todas as reacções termicamente iniciadas serão, forçosamente, endotérmicas.

Poderá mesmo acontecer que o aluno considere que uma reacção é, simultaneamente, endotérmica e exotérmica como, por exemplo,

"... eu acho que há as duas coisas, absorção e libertação de energia, nós temos que fornecer energia ao papel para ele arder mas depois também há libertação de energia..."

(Aluno do 11º ano)

3.6 Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Modelos de Activação"

Aspectos particulares da actuação do agente iniciador de uma dada reacção química, tal como o intervalo de tempo durante o qual ele é considerado actuar ("temporalidade") e o(s) componente(s) sobre o(s) qual(is) ele actua ("extensão"), poderão estar na origem de ideias sobre o processo de intervenção desse agente no sistema de reacção. Por exemplo, no caso da combustão do papel, o "MA - Circulação" é fortemente associado com ideias de actuação contínua do agente iniciador (este actua durante todo o tempo em que a reacção de combustão se processa), e o "MA - Circulação" é mais associado com ideias de actuação descontínua (o agente iniciador actua apenas no instante inicial).

Poderá ter acontecido que determinado aspectos perceptuais da tarefa como, por exemplo, a chama do fósforo utilizada como agente de activação do sistema seja confundida com a chama do papel em combustão:

"... quando a folha de papel começar a arder, o fogo alastra pela folha toda ... espalha pelo papel todo..."

(Aluno do 9º ano)

Também aspectos de linguagem do quotidiano como, por exemplo, "a mata pegou fogo", farão, provavelmente, supor que o fogo observado numa mata a arder provém do agente iniciador.

Assim, sugere-se a escolha criteriosa do processo de activação do sistema. No caso da combustão do papel poderá ser útil diversificar o tipo de agente iniciador: em vez de uma chama poder-se-á usar uma descarga eléctrica, uma lente em caso de sol, ou o aquecimento sobre uma placa eléctrica. Em qualquer dos casos parece ser importante destacar a intervenção meramente inicial do agente, por exemplo, utilizando quantidades variáveis de papel e o mesmo agente: a energia libertada é independente da energia associada ao agente iniciador.

Dado não ser possível explicar a nível do 3º ciclo do E.B. a existência de reacções químicas umas espontâneas à temperatura ambiente e outras necessitando de iniciação (espontaneidade e nãoespontaneidade cinética), sugere-se que a classificação das reacções químicas quanto aos aspectos energéticos seja feita apenas no caso de reacções espontâneas (à temperatura ambiente), e o critério de classificação seja o da variação da temperatura do sistema reaccional: aumento da temperatura nas reacções exotérmicas e diminuição da temperatura nas reacções endotérmicas.

A utilização de reacções que requerem aquecimento continuado como exemplos de reacções endotérmicas, caso da cozedura do ovo, da decomposição do óxido de mercúrio ou do carbonato de cálcio, não parece ser adequado pois que a necessidade de aquecimento não está relacionada com o valor de $\triangle H > 0$ mas com o critério de espontaneidade termodinâmica ($\triangle G < 0$).

Relativamente à ideia de substancialização da energia, eventualmente partilhada pelos alunos, é provável que esquemas representativos de reacções químicas englobando o termo energético quer a par dos reagentes (no caso de reacções endoenergéticas), quer a par dos produtos da reacção (no caso de reacções exoenergéticas) poderão não ajudar a desfazer tal confusão. Esta representação, inadequada do ponto de vista do conceito de equação química, é corrente em manuais de Química e também de Biologia (Horwood 1988).

3.7 A Concepção Alternativa "Modelo de Estado Físico-Energia"

Apesar do aspecto inadequado das respostas dos alunos foi possível identificar em alguns deles um modelo de articulação, segundo o qual a energia do sistema depende essencialmente do estado físico dos seus componentes, a concepção alternativa "Estado Físico-Energia" (EFE). Assim, para os alunos defensores desta ideia, o diferente estado físico dos reagentes e produtos da reacção e/ou dos sistemas inicial e final, esteve na base da justificação para a variação da energia que eles consideraram ter ocorrido durante a transformação, dos seguintes modos:

a) os sólidos possuem ligações mais fortes do que os líquidos e os gases, e, por isso têm mais energia;
b) nos líquidos (e nos gases) existe maior agitação molecular do que nos sólidos pelo que os primeiros apresentam maior energia.

TABELA 5. Alunos (em %) com ideias segundo o "modelo EFE", por tarefa.

	TAREFAS				
Ano	"Ovo"	"Papel"	"Sódio"	"Cl-amónio"	Total
9º	20,0	13,3	6,7	6,7	11,7
11º	40,0	20,0	20,0	20,0	25,0

Dos resultados obtidos pode concluir-se que o "modelo de Estado Físico-Energia" é:

(1) mais preferido pelos alunos do 11º ano e para todas as tarefas;

(2) mais saliente no caso da "Cozedura do ovo", relativamente às restantes tarefas, concordantemente com o facto desta ter sido a tarefa em que a alteração de estado físico foi mais evidente.

Na origem do "modelo EFE" apresentado pode considerar-se ter existido uma das duas ideias indicadas a seguir.

(a) Confusão entre força e energia.

Esta ideia poderá ter sido eventualmente influenciada por modelos de interacção entre sistemas do tipo electrostático e gravítico (a intensidade das forças de interacção aumenta quando a distância diminui), em particular para os alunos que consideraram "os sólidos têm maior energia do que os líquidos (e os gases)".

Para estes alunos a passagem de um sistema de líquido para sólido seria considerada como um processo endotérmico pois essa é a única maneira de aumentar a energia do sistema e, consequentemente, a intensidade das forças de ligação entre as suas partículas. Assim, no caso da "Cozedura do ovo" temos, por exemplo,

"... (existe mais energia) aqui no ovo cozido... porque as partículas estão mais juntas, a sua força de atracção é muito maior... encontram-se todas unidas..."
(Aluno do 11º ano)

Por exemplo, no caso da "Combustão do papel",

"... essa energia de ligação no papel se ele se alterou parte dessa energia foi libertada... (essa energia de ligação) é uma energia que faz com que os átomos estejam sempre a atrair-se uns aos outros... é uma espécie de energia magnética... por exemplo esses átomos podem ter formado um gás... quando (os átomos) se libertam formam o gás..."
(Aluno do 9º ano)

Para a "Reacção entre o sódio e a água",

"... há mais energia no sódio do que há na água... porque as partículas do sódio estão mais, de certeza que devem estar mais agarradas, daí terem mais energia..."
(Aluno do 11º ano)

Também no caso da "Reacção entre o cloreto de amónio e a água", a alteração do estado sólido do cloreto de amónio pode ser vista como um processo exotérmico. Por exemplo,

"... as partículas do cloreto de amónio dissolveram-se na água... e a energia de ligação entre elas diminuiu... houve libertação de energia..."
(Aluno do 9º ano).

(b) Conotação dinâmica do modelo de estado físico.

Neste caso a energia do sistema foi identificada com energia cinética das partículas: os líquidos possuiriam mais energia do que os sólidos e a passagem de líquido a sólido seria, forçosamente, exotérmica.

Por exemplo,

"... o cloreto de amónio absorveu a energia necessária da água... para aumentar a energia cinética... para que pudesse passar ao estado líquido e diluir-se com a água... quando se retirar essa energia do cloreto de amónio haverá tendência para voltar ao estado sólido..."
(Aluno do 11º ano)

3.8 Sugestões didácticas para o não reforço da CA "Modelo EFE"

Os modelos de Estado Físico-Energia identificados permitem sugerir que se deva dar particular atenção às transformações químicas que também são acompanhadas de mudanças de estado físico (caso da "Cozedura do ovo"). Duas recomendações parecem emergir para tentar ultrapassar a utilização de modelos mecanicistas (força=energia, ou energia=energia cinética):

(i) é necessário reformular, no E.S., os modelos de estado físico apresentados no 2º ciclo do E.B. à luz dos conceitos de ligações químicas, em particular, ligações intermoleculares;

(ii) é necessário distinguir entre "agitação molecular" (no sentido da menor ou maior liberdade de movimentos moleculares de translação que caracteriza o estado sólido, líquido e gasoso) e "energia cinético - molecular" (média) por partícula, esta última particularmente importante no conceito de temperatura, a qual contempla componentes relativas ao movimento de translação, de vibração e de rotação. A nível do 3º ciclo do E.B. parece ser possível a abordagem deste modelo interpretativo simplificado sobre a estrutura da matéria.

4. DIAGNÓSTICO DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS NA SALA DE AULA

A investigação levada a cabo um pouco por todo o mundo sobre CA dos alunos tem permitido concluir ser um ponto de partida indispensável para um ensino-aprendizagem de índole cognitivista-construtivista, a identificação prévia de CA. Impõe-se assim apresentar sugestões de como tal pode ser conduzido na sala de aula. A utilização de questionários escritos devidamente testados em trabalhos de investigação, apesar das limitações de tais instrumentos, pode ser uma estratégia a seguir, já que outras metodologias não são compatíveis com as tarefas e o tempo do professor disponíveis para tal fim.

Nesta secção apresenta-se um tipo de questionário escrito possível de utilizar na sala de aula, para identificar a existência nos alunos das quatro CA descritas no presente trabalho (anexo 2).

Este mesmo questionário (construído de modo a que cada item reflectisse uma CA), foi administrado a 448 alunos: 262 do 9º ano e 186 do 11º ano, e os resultados obtidos sugerem que as referidas CA foram substancialmente aceites por outros alunos dos mesmos anos de escolaridade. Este facto aponta para a generalidade das CA relatadas.

Na tabela 6. apresentam-se os resultados globais da resposta ao questionário (N= 448 alunos), no que respeita à indicação de verdadeiro para cada afirmação, cada uma delas reflectindo uma CA.

Da análise dos resultados obtidos é possível tirar algumas conclusões.

Quanto à CA "Reagente Principal"

(1) A existência de um reagente com o estatuto de "principal" é uma ideia bastante saliente para o total dos alunos (9º ano + 11º ano) e, relativamente às duas tarefas consideradas, mais evidenciada para a "Combustão do papel" do que para a "Reacção entre o sódio e a água". Considerando o conjunto dos itens que contemplavam a ideia "RP", verifica-se que na "Combustão do papel" a ideia foi aceite por mais de 49% dos alunos no caso da componente energética.

Relativamente à "Reacção entre o sódio e a água" aceitaram a ideia como verdadeira, quanto aos aspectos energéticos, mais de 40% dos alunos.

(2) A ideia "RP" foi mais evidenciada pelos alunos do 9º ano embora a diferença verificada em releção ao 11º ano tenha sido, nalguns casos, muito pequena.

Quanto à CA "Modelos Sequenciais":

Apenas na tarefa "Combustão do papel" foram utilizados no questionário dois itens para testar a existência da ideia "MS", nos aspectos energéticos.

Na entrevista tinha-se verificado que esta CA era típica de alunos do 11º ano, apenas. Com efeito, ela envolvia atributos definicionais só contemplados nos programas após 9º ano de escolaridade. No questionário a resposta dos alunos é concordante com esta situação dado que os alunos do 9º ano foram aqueles que manifestaram maior dúvida sobre o tipo, verdadeiro ou falso (resposta "não sei"), das afirmações apresentadas.

Dos dois items, o que apresentava de modo adequado o envolvimento da energia na ruptura e na formação de ligações, foi aquele que apresentou maior preferência pelos alunos do 11º ano.

Quanto à CA "Modelos de Activação":

(1) Para as tarefas "Cozedura do ovo" e "Combustão do papel", o "MA" foi aceite por mais de metade dos alunos, sendo mais elevada ainda tal aceitação no caso da "Combustão do papel".

(2) No caso da "Combustão do papel" a preferência pelo "MA" apresentada pelos alunos seguiu a tendência encontrada no estudo com entrevista. No caso da "Cozedura do ovo" os valores obtidos foram aproximadamente os mesmos para os dois anos de escolaridade.

Quanto à CA "Modelo Estado Físico-Energia":

Dos resultados obtidos pode verificar-se que o "Modelo de Estado Físico - Energia" foi:

(1) mais saliente no caso da "Cozedura do ovo" do que nas outras tarefas (tal como no estudo com entrevista);

(2) mais preferido, de um modo geral, pelos alunos do 9º ano e para as três tarefas.

TABELA 6. Resultados globais (em %) do Questionário (Respostas V).

		Concepções Alternativas							
Tarefa	Ano	RP		MS		MA	EFE		
OVO	ITEM	-		-		B	A	C	D
	9º	-		-		57,2	32,2	56,5	48,8
	11º	-		-		59,7	41,7	62,9	34,2
PAPEL	ITEM	E	F	C	D	B	-	A	-
	9º	57,3	86,6	35,8	34,7	76,3	-	28,7	-
	11º	44,5	75,5	24,6	59,6	68,9	-	18,7	-
SÓDIO	ITEM	B	-	-	-	-	-	A	-
	9º	42,4	-	-	-	-	-	51,1	-
	11º	38,7	-	-	-	-	-	46,8	-

ANEXO 1 - TAREFAS USADAS

1ª. TAREFA - COZEDURA DO OVO

(i) Material:

Ovo cru sem casca (em taça de plástico)
Ovo cozido sem casca (em taça de plástico)
Ovo cru inteiro
Panela com água
Placa eléctrica para aquecimento

(ii) Procedimento:

Mostrou-se ao aluno, em dois recipientes distintos mas idênticos (taças de plástico), um ovo cru sem casca e um ovo cozido, sem casca, cortado ao meio. Numa panela com água a ferver, colocada sobre uma placa eléctrica aquecida, introduziu-se um ovo inteiro para cozer.

2ª. TAREFA - COMBUSTÃO DO PAPEL

(i) Material:

Folha de papel de escrita branco, com 15 cm x 21 cm
Placa de vidro, com 10 cm x 10 cm
Fósforos

(ii) Procedimento:

Sobre a placa de vidro colocou-se a folha de papel previamente amachucada entre as mãos. Acendeu-se um fósforo e aproximou-se a chama do papel, a fim de iniciar a combustão deste. Deixou-se decorrer a combustão do papel, até ao fim, sem nada dizer.

3ª. TAREFA - REACÇÃO ENTRE O SÓDIO E A ÁGUA

(i) Material:

Sódio em parafina (dentro de um frasco de vidro, rotulado)
Tina de vidro
Papel de filtro
Pinça metálica
Canivete

Termómetro
Água destilada (em garrafa-esguicho)
Proveta de 50 cm³

(ii) Procedimento:

Na tina de vidro colocou-se cerca de 50 cm³ de água destilada, medida com a proveta. Com o auxílio do termómetro mediu-se a temperatura da água (entre 22ºC e 26ºC). O aluno fez a leitura. Retirou-se um pedacinho de sódio de dentro da parafina, usando a pinça metálica, e colocou-se sobre o papel de filtro. Secou-se bem o pedacinho de sódio e com o canivete cortou-se um fragmento do tamanho aproximado de um grão de arroz. Com cuidado, e pegando com a pinça, colocou-se o pedacinho de sódio sobre a água contida na tina, no centro da tina. Deixou-se decorrer a reacção até ao fim, sem nada dizer.
No final da reacção mediu-se a temperatura do conteúdo da tina (entre 25ºC e 32ºC). O aluno fez a leitura. O aumento verificado na temperatura da água inicial para a temperatura da solução após a reacção oscilou entre 2ºC e 7ºC (valor médio 4ºC).

4ª. TAREFA - REACÇÃO ENTRE O CLORETO DE AMÓNIO E A ÁGUA

(i) Material:

Cloreto de amónio (sólido)
Água destilada (em garrafa - esguicho)
2 termómetros iguais
Espátula
2 copos de vidro
Proveta de 50 cm³
Agitador de vidro
Tampa de vidro com dois orifícios, para um dos copos
Vaso de esferovite, sem tampa, com algodão no interior

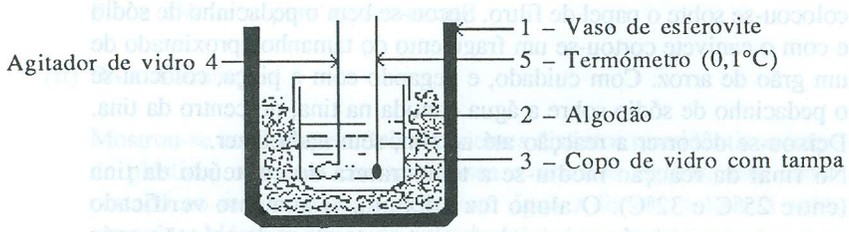
(ii) Procedimento:

Com a proveta mediu-se cerca de 50 cm³ de água que se transferiu para um copo de vidro e colocou-se este, rodeado de algodão, dentro do vaso de esferovite. Com a espátula transferiu-se uma porção de cloreto de amónio sólido, 5-10 g (previamente estimado), para o outro copo de vidro, seco. Utilizando dois termómetros iguais mediu-se a temperatura da água e a do cloreto de amónio (entre 21ºC e 27ºC). O aluno fez a leitura. Adicionou-se, de uma

só vez, o cloreto de amónio sobre a água, colocou-se a tampa de vidro sobre o copo, fazendo passar o agitador e o termómetro através dos orifícios respectivos.

Agitou-se o conteúdo do copo com cuidado e pediu-se ao aluno a observação da temperatura da solução, indicada pelo termómetro (entre 6ºC e 15ºC). O decréscimo verificado na temperatura relativamente ao valor inicial variou entre 8ºC e 17ºC (valor médio 13ºC)

(iii) Esquema da montagem



A utilização do vaso isolador e da tampa (sistema quasi-isolado) teve em vista facilitar a identificação da confusão entre temperatura e energia, caso tal confusão existisse. Em particular, a colocação da tampa sobre o copo teve como finalidade criar uma "barreira", ainda que fictícia, à saída da energia de dentro da solução. (Martins e Cachapuz 1990)

ANEXO 2 - QUESTÕES USADAS NO QUESTIONÁRIO

Como sabes, quando se introduz um ovo cru inteiro (com a casca) em água a ferver, após alguns minutos, o ovo fica cozido.

Indica no quadrado respectivo a validade de cada uma das afirmações que se seguem relativas ao fenómeno acima descrito utilizando a chave : verdadeira (V) ; falsa (F) ; não sei se é verdadeira ou falsa (NS). Caso consideres que nenhuma afirmação é verdadeira escreve no espaço em branco de "Outra" uma que o seja.

A) No estado sólido as partículas estão mais ligadas pelo que têm mais energia do que no estado líquido; por isso, o ovo cozido tem mais energia do que o ovo cru..... ☐

B) A energia do ovo cru e do ovo cozido (após arrefecimento) é a mesma, porque a energia que foi fornecida durante a cozedura volta a sair quando o ovo cozido arrefece ..... ☐

C) Devido ao calor fornecido, aumentam as forças de ligação entre as partículas constituintes do ovo cru e por isso o ovo depois de cozido fica sólido..... ☐

D) No estado sólido as partículas estão mais empacotadas e portanto têm menos mobilidade; movimentando-se menos as partículas terão menor energia e, por isso, o ovo cozido tem menos energia do que o ovo cru..... ☐

OUTRA.....

.....

.....

Quando ocorre a combustão de um papel em contacto com o ar, iniciada pela chama de um fósforo, formam-se cinzas e fumo o qual se liberta para a atmosfera; durante a combustão sente-se calor no exterior próximo.

Indica no quadrado respectivo a validade de cada uma das afirmações que se seguem relativas ao fenómeno acima descrito utilizando a chave: verdadeira (V); falsa (F); não sei se é verdadeira ou falsa (NS). Caso consideres que nenhuma afirmação é verdadeira escreve no espaço em branco de "OUTRA" uma que o seja.

A) O calor que se sente quando o papel está a arder vem do papel e não do oxigénio do ar porque o papel é sólido e os sólidos têm mais energia que o gases..... ☐

B) A combustão do papel é uma reacção em parte endotérmica e em parte exotérmica, porque teve de se fornecer energia ao papel (pelo fósforo) e em seguida essa energia foi libertada sob a forma de calor que sente..... ☐

C) Durante a reacção, primeiro liberta-se energia (E1) quando se rompe ligações no oxigénio e no papel; em seguida, há absorção de energia (E2) para formar novas ligações nos produtos da reacção. Como E1 é maior que E2 sente-se calor no exterior próximo ..... ☐

D) No decorrer da reacção, primeiro há absorção de energia (E1) para romper ligações no oxigénio e no papel; em seguida, há libertação de energia (E2) quando se formam as novas ligações nos produtos da reacção. Como E2 é maior que E1 sente-se calor no exterior próximo..... ☐

E) A chama do fósforo provoca a ruptura de ligações com separação de átomos no papel. Nessa separação de átomos liberta-se a energia que existia nas ligações e por isso se sente calor no exterior próximo..... ☐

F) O papel é combustível. Os combustíveis quando ardem libertam energia. O calor que se sente é a energia libertada pelo papel em combustão..... ☐

OUTRA.....
.....
.....

Quando se coloca um pedacinho de sódio sobre a água contida numa tina, verifica-se que o sódio rodopia à superfície da água, se liberta um fumo e se observa de vez em quando o aparecimento de uma chama amarelada junto ao pedacinho de sódio. O sódio vai diminuindo de tamanho até desaparecer completamente. Na tina fica uma solução com temperatura superior à temperatura da água inicial.

Indica no quadrado respectivo a validade de cada uma das afirmações que se seguem relativas ao fenómeno acima descrito utilizando a chave; verdadeira (V); falsa (F); não sei se é verdadeira ou falsa (NS). Caso consideres que nenhuma afirmação é verdadeira escreve no espaço em branco de "OUTRA" uma que o seja.

A) O sódio tem mais energia do que a água visto ser um sólido; por isso, quando é posto em contacto com a água alguma da sua energia passa para a água e a temperatura desta aumenta..... ☐

B) Para que o sódio comece a reagir a água fornece alguma energia ao sódio; no entanto, o sódio depois liberta mais energia para a água e, por isso, a temperatura aumenta..... ☐

OUTRA.....
.....
.....

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CACHAPUZ, A. F. and MARTINS, I.P.(1987) High school students ideas about energy of chemical reactions. In Novak, J. (ed.) Proceedings of The Sec. Int. Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol. III, Ithaca, N. Y.: Cornell University, 60-68.

CACHAPUZ, A. F. and MARTINS, I. P. (1988a) Learning chemical thermodynamics at school : the use of non-interactive views to interpret energy changes. Paper presented at The 10th Biennial Conference on Chemical Education, Purdue University, West Lafayette (Paper 027, Conference Abstracts, p. 12).

CACHAPUZ, A. F. and MARTINS, I. P. (1988b) Misconceptions in high school chemistry: how in a chemical reaction some reactants may be more important than others. Paper presented at The 10th Biennial Conference on Chemical Education, Purdue University, West Lafayette (Paper 129, Conference Abstracts, 58-59).

CACHAPUZ, A. F. and MARTINS, I. P. (1989a) Language in chemistry: a study of its influence in the learning of elementary acid/base reaction. Paper presented at the 10th ICCE, University of Waterloo, Ontario, Canadá.

CACHAPUZ, A. F. and MARTINS, I. P. (1989b) Boiling an egg: is it a chemical reaction, Sir?. Paper presented at CHEM ED'89, Queen's University, Kingston, Canadá.

COSTA, A. M. A. (1988) De Stahl a Lavoisier em Portugal Setecentista. *Boletim SPQ*, 32-33, 8-10.

DRIVER, R. (1985) Beyond appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformations. In Driver et al. (ed.) *Children's Ideas in Science*, Milton Keynes: Open Univ. Press, 145-169.

ENGEL CLOUGH, E. and DRIVER, R. (1986) A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Sci. Educ.*, 70 (4), 473-496.

ERICKSON, G. L. (1979)Children's conceptions of heat and temperature. *Sci. Educ.*, 63 (2), 221-230.

ERICKSON, G. L. (1981) Students beliefs about science concepts: A missing ingredient in the instructional process. Paper presented at the Symposium Early Adolescence: A critical stage for science, AAAS Meeting, Toronto, Ontário.

FINLEY, F. N., STWART, J. and Yarroch, W. L. (1982) Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Sci. Educ.*, 66 (4), 531-538.

HORWOOD, R. H. (1988) Explanation and description in science teaching. *Sci. Educ.*, 72 (1), 41-49.

JOHNSTONE, A. H. (1980) Chemical education research: facts, findings, and consequences. *Chem. Soc. Reviews*, 9 (3), 365-380.

MARTINS, I. P. (1989) A energia nas Reacções Químicas: Modelos interpretativos usados por alunos do ensino secundário. Tese de doutoramento, não publicada, Aveiro. Universidade de Aveiro.

MARTINS, I. P. and CACHAPUZ, A. F. (1990) How do pupils perceive the concept of energy in chemical situations? *School Science Review*, 71 (257), 83-85.

MÉHEUT, M., SALTIEL, E. and TIBERGHIEN, A. (1985) Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *Eur. J. Sci. Educ.*, 7 (1), 83-93.

OSBORNE, R. J. and WITTROCK, M. C. (1985) The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Sci. Educ.*, 12, 59-87.

SHAIBU, A. A. M. (1988) Topics difficulties in A - level chemistry: students' and teachers' perception. *School Science Review*, 70 (251), 118-120.

SOLOMON, J. (1986) Energy for the citizen. In Driver, R. and Millar, R. (eds,) Energy Matters, Proceedings of an Invited Conference: Teaching about energy within the secondary science curriculum, March 1985, Leeds: The University, 25-31.

VIDAL, B. (1986) *História da Química* (tradução de A. F. Marques, a partir de Histoire de la Chimie, PUF). Lisboa: Edições 70, Lda.

WATTS, D. M. (1982) In Gilbert, J. K. and Pope, M. School Children discussing energy, IED mimeograph, Guilford, Department of Educational Studies, University of Surrey, 14.