

## CINÉTICA QUÍMICA

É a parte da química que estuda a rapidez ou taxa de variação das reações e os fatores que nela influem.

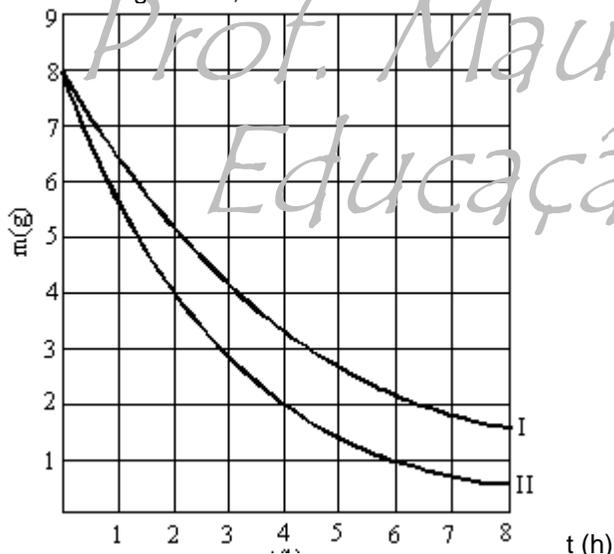
- Antigamente denominada de velocidade<sup>1</sup>, é uma medida da rapidez com que são consumidos os reagentes e são formados os produtos da reação. A rapidez depende não só da natureza das substâncias participantes, mas também das condições em que as reações ocorrem.

### Taxa Média (Tm)

$$T_m = \frac{\text{Quantidade consumida ou formada}}{\text{Intervalo de tempo}}$$

A taxa de variação média de uma reação pode ser expressa pela velocidade de consumo de um de seus reagentes ou pela velocidade de formação de um de seus produtos.

- 1.(UFC 97) O tempo de validade de um alimento em suas características organolépticas e nutricionais depende da embalagem e das condições ambientais. Um dos tipos de acondicionamento necessário para a conservação de alimentos é a folha-de-flandres, constituída de uma liga de Estanho e aço. Analise o gráfico abaixo, que representa a reação de oxidação entre a embalagem e o meio agressivo, e responda:



- a) em qual das curvas I ou II, a velocidade da reação química é mais acentuada? Justifique.
- b) considerando a área da folha-de-flandres constante, calcule a velocidade média da reação química no intervalo entre duas e quatro horas para a curva de maior corrosão.

<sup>1</sup> Velocidade é uma grandeza vetorial, portanto inadequada para representar a variação das reações. Apesar desse termo ainda aparecer nos livros, usaremos rapidez em todas as expressões.

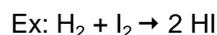
### Teoria das Colisões

A reação entre duas espécies químicas é possível apenas se acontecer contato entre elas, um choque que possibilite a reação. Este é o princípio fundamental da teoria das colisões.

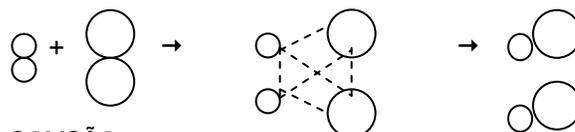
### Teoria do Complexo Ativado

Complexo ativado de uma reação é uma estrutura intermediária entre os reagentes e os produtos, com ligações químicas intermediárias entre as ligações dos reagentes e as dos produtos. Nessa estrutura instável ocorre o enfraquecimento das ligações das moléculas reagentes e um fortalecimento das ligações das moléculas dos produtos. Para haver a formação do complexo ativado, duas condições são necessárias:

- I. As partículas (moléculas, íons, átomos) devem colidir numa posição geométrica favorável.



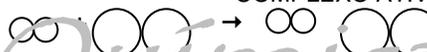
REAGENTES → COMPLEXO ATIVADO → PRODUTOS



COLISÃO EFETIVA

REAGENTES

NÃO FORMA COMPLEXO ATIVADO

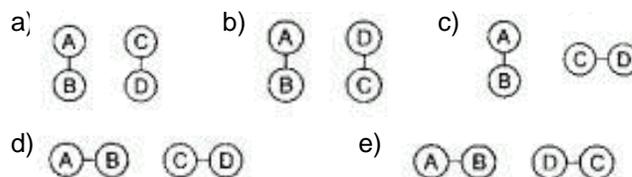


COLISÃO NÃO-EFETIVA

2. (UNIFOR 00.2) Para que a reação representada por  $A-B + C-D \rightarrow A-C + B-D$  possa ocorrer:

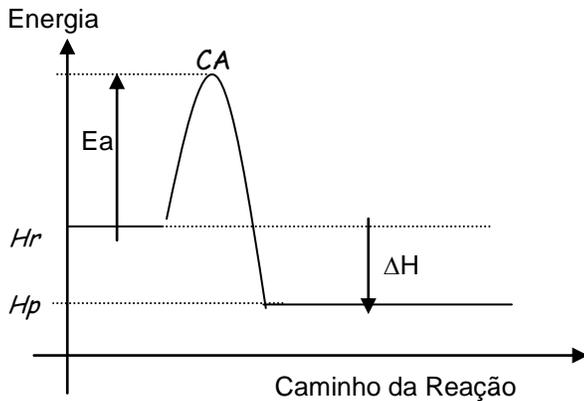
As moléculas AB devem colidir com as moléculas CD;  
As moléculas que colidem devem possuir um mínimo de energia necessária à reação;  
As colisões moleculares efetivas devem ocorrer com moléculas convenientemente orientadas.

Dentre as orientações abaixo, no momento da colisão, a que deve favorecer a reação em questão é:

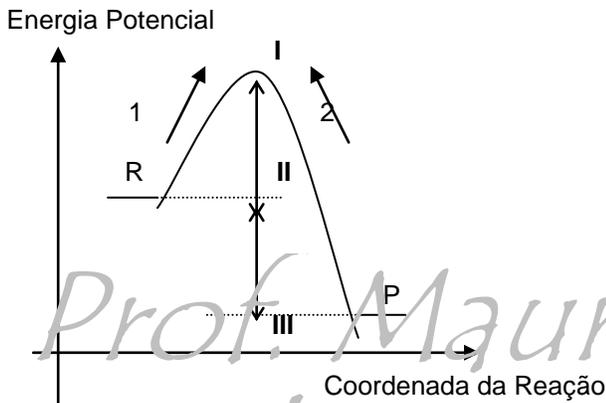


- II. A colisão entre as moléculas deve ocorrer com uma quantidade de energia, chamada energia de ativação. A energia de ativação ( $E_a$ ) é igual à diferença entre o complexo ativado e os reagentes.

## REAÇÃO EXOTÉRMICA



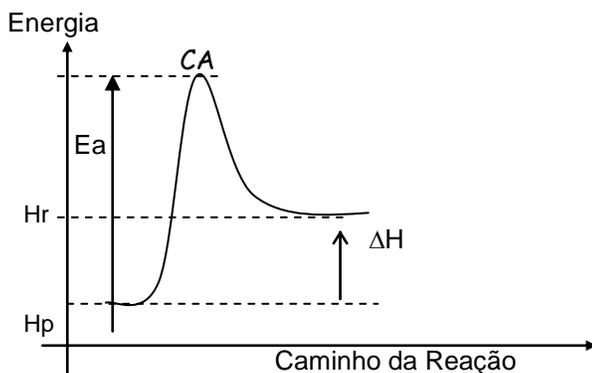
3. (UFC 97) Considere o gráfico abaixo, representando uma reação química do tipo:  $R \leftrightarrow P$



Assinale a afirmativa correta:

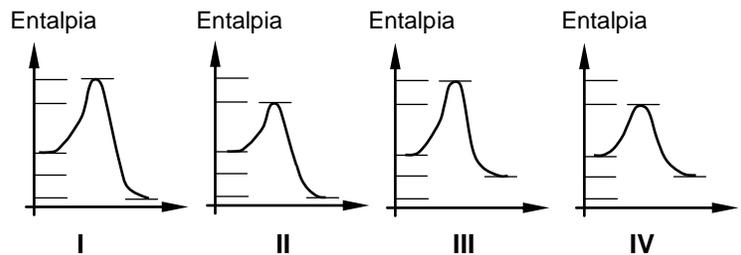
- a reação química no sentido 1 é endotérmica;
- a energia de ativação no sentido 1 é igual a I - III;
- a diferença da energia de ativação nos dois sentidos I - II;
- a reação química no sentido 2 é exotérmica;
- a energia de ativação no sentido 1 é igual a I - II;

## REAÇÃO ENDOTÉRMICA



OBS: Quanto maior for a energia de ativação de uma reação, menor será a sua rapidez e vice-versa.

3. (UECE 00.1) Analise as curvas mostradas a seguir. Nelas, encontram-se descritos graficamente alguns padrões idealizados de variação da entalpia no decorrer de reações químicas, abrangendo quatro diferentes possibilidades. Escolha a alternativa na qual se encontra enunciada uma previsão correta para a velocidade de reação e a energia liberada esperadas tendo em vista os valores registrados na curva descrita.



- Curva I: traduz uma maior velocidade de reação associada a uma menor energia liberada
- Curva II: traduz uma maior velocidade de reação associada a uma maior energia liberada
- Curva III: traduz uma menor velocidade de reação associada a uma maior energia liberada
- Curva IV: traduz uma menor velocidade de reação associada a uma menor energia liberada

## FATORES QUE MODIFICAM A VELOCIDADE DE UMA REAÇÃO QUÍMICA

### a) Temperatura

Aumento da temperatura  $\Rightarrow$  Aumento da  $E_c$  média das moléculas  $\Rightarrow$  Aumento do nº de moléculas com energia  $>$  que a  $E_a \Rightarrow$  Aumento do nº. de colisões efetivas  $\Rightarrow$  Aumento na velocidade da reação

### b) Concentração dos reagentes

Aumento na concentração dos reagentes  $\Rightarrow$  Aumento do nº de moléculas de reagentes por unidade de volume  $\Rightarrow$  Aumento do nº de colisões  $\Rightarrow$  Aumento na velocidade da reação.

### c) Superfície de contato

Quanto maior for a superfície de contato dos reagentes, maior será a velocidade da reação.

4. (UNIFOR 97.2) Sejam  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  as velocidades de reação entre cobre e ácido nítrico, nas relações abaixo:

- Cobre em pó e solução com 0,3 mol/L de ácido.
- Cobre em raspas e solução com 0,2 mol/L de ácido.
- Cobre em lâminas e solução com 0,1 mol/L de ácido.

É correto afirmar que:

- $V_3 = V_2 > V_1$
- $V_3 = V_1 > V_2$
- $V_2 > V_3 > V_1$
- $V_1 > V_2 > V_3$
- $V_1 = V_2 = V_3$

#### d) Pressões parciais

A velocidade de uma reação em um sistema gasoso, à temperatura constante, é diretamente proporcional ao produto das pressões parciais dos reagentes elevadas a expoentes determinados experimentalmente.

#### Lei de rapidez de uma reação

A rapidez de uma reação química em um instante qualquer em uma dada temperatura é diretamente proporcional ao produto das concentrações dos reagentes elevadas a expoentes determinados experimentalmente.

$$V = K [A]^X [B]^Y$$

↙  
↘  
↳ Constante de rapidez

5. (UECE 90.1) Os dados da tabela abaixo referem-se a decomposição do aldeído acético  $XCH_3CHO(g) \rightarrow$  Produtos, onde X é o coeficiente do aldeído acético.

[CH <sub>3</sub> CHO] Mols/litro	Velocidade da reação (v) (mols/litro) segundo <sup>-1</sup>
0,1	0,2
0,2	0,8
0,3	1,8
0,6	7,2

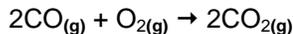
A equação da velocidade desta reação é:

- a)  $v = k[CH_3CHO]$   
b)  $v = k[CH_3CHO]^3$   
c)  $v = k[CH_3CHO]^2$   
d)  $v = k[CH_3CHO]^4$

#### Ordem de uma Reação

É a influência de cada reagente para a velocidade da reação, representada pelo respectivo expoente, ou para a ordem global da reação, a soma dos expoentes aos quais estão elevados os valores das concentrações dos reagentes na equação da velocidade.

6. (UFC 97) A Química Ambiental procura, entre outras coisas, adotar formas de atenuar a emissão de substâncias gasosas que depreciam a qualidade do ar. A reação entre os gases monóxido de carbono e oxigênio para produzir dióxido de carbono, de acordo com a equação abaixo, tem grande importância para o estudo ecológico.



Considerando a reação simples, assinale a alternativa correta:

- a) A velocidade de formação de dióxido de carbono independe da concentração dos reagentes.  
b) A velocidade de formação de dióxido de carbono independe da temperatura do ambiente.  
c) A reação química como mostrada acima não está ajustada em sua estequiometria.  
d) A reação é de terceira ordem em relação ao monóxido de carbono.

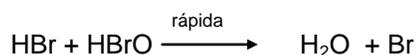
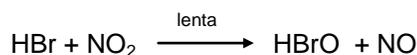
e) A reação é de terceira ordem em relação aos reagentes.

#### Reação elementar

É quando a ordem da reação é igual à molecularidade, que corresponde ao número de moléculas que reagem. Isto acontece apenas quando a reação se processa em uma única etapa. Quando a reação é elementar, a equação da velocidade pode ser escrita diretamente pelos coeficientes da equação química.

7. (UECE 97.1) Assinale a alternativa correta:

- a) reação não-elementar é a que ocorre por meio de duas ou mais etapas elementares.  
b)  $2NO + H_2 \rightarrow N_2O + H_2O$  é um exemplo de reação elementar porque ocorre por meio de três colisões entre duas moléculas de NO e uma de H<sub>2</sub>.  
c) No processo:



a expressão da velocidade da reação global é dada por:  $V = [HBr][HBrO]$

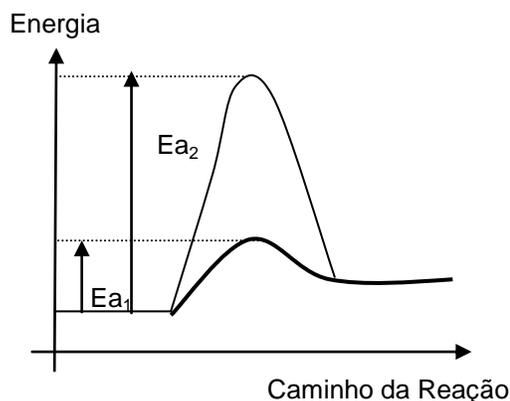
d) se a velocidade de uma reação é dada por  $V = K [NO_2][CO]$  sua provável reação será:



#### Catalisador

“Substância que abaixa a energia de ativação de uma reação, aumentando a rapidez, sem sofrer alteração qualitativa nem quantitativa no fim da reação”.

Representando no gráfico de energia:



$Ea_1 \rightarrow$  energia de ativação com catalisador.

$Ea_2 \rightarrow$  energia de ativação sem catalisador.

8. (UFC 92) A partir do corrente ano, a Autolatina e a Fiat lançam no mercado veículos (Santana e Tempira) equipados com “conversores químicos” – corpos de cerâmica especial ou de metal impregnados com solução de óxidos de Pt, Pd e Rh (catalisadores) que têm a função de transformar alguns gases poluentes

em substâncias não-poluente, todavia, promovem também a oxidação do  $\text{SO}_2$  a  $\text{SO}_3$ .

Marque a(s) alternativa(s) correta(s):

01. Os automóveis “emissionados” (equipados com conversores), poluem a atmosfera com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em decorrência da reação do  $\text{SO}_2$  liberado com os vapores d’água.
02. Os catalisadores utilizados nos “conversores químicos” participam como reagentes na troca de gases tóxicos como hidrocarbonetos e CO por  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ .
04. Instalado no tubo de descarga gasosa dos veículos, o “conversor químico” retém as moléculas poluidoras e deixa passar as não-poluente, assim, o número de átomos no final do processo é menor do que no seu início.
08. O “conversor” deve ser substituído periodicamente, porque o catalisador com o qual está impregnado, Pt, Pd ou Rh, é consumido durante a reação.
16. Os fatores que permitem a ampla utilização da platina como catalisador são: sua abundância na natureza, seu baixo custo, e o fato de ser um metal pouco nobre.

### PREPARAÇÃO PARA EXAMES

1. (UECE 96.2) Seja a reação:  $X + Y \rightarrow Z$ . A variação na concentração de X em função do tempo é:

X(mol/L)	1,0	0,7	0,4	0,3
Tempo (s)	0	120	300	540

A velocidade média da reação no intervalo de 2 a 5 minutos é:

- a) 0,3 mol/L.min.
  - b) 0,1 mol/L.min.
  - c) 0,5 mol/L.min.
  - d) 1,0 mol/L.min.
2. (UECE 98.1) Assinale a alternativa correta.
- a) A proposta do mecanismo de uma reação química deve ser compatível com a lei de velocidade determinada teoricamente.
  - b) A velocidade de uma reação química pode ser aumentada pela adição de um catalisador que interage com os reagentes para aumentar a energia de ativação.
  - c) A lei de velocidade de uma reação química normalmente dá a relação entre a velocidade da reação, as concentrações dos reagentes envolvidos e a constante de velocidade K.
  - d) Quando um catalisador é adicionado em uma reação química ele aparece na equação estequiométrica total da reação.
3. (UFC 00) A legislação brasileira atual obriga todos os veículos a serem equipados com um catalisador no sistema de exaustão dos gases provenientes da combustão da gasolina, para a eliminação de poluentes. Os catalisadores são espécies que aumentam a velocidade de uma reação química,

promovendo um mecanismo alternativo de reação sem, entretanto, participarem da reação propriamente dita.

Com relação às ações dos catalisadores, é correto afirmar que os mesmos diminuem:

- a) a energia de ativação da reação.
- b) a energia cinética média das moléculas dos reagentes.
- c) as interações intermoleculares entre reagentes, facilitando a conversão em produtos.
- d) a estabilidade dos produtos, fazendo com que estes se convertam em intermediários de reação.
- e) o conteúdo energético dos produtos, tornando-os menos estáveis e deslocando o sentido da reação química.

4. (UFC 96.1) O óxido nítrico (NO) e monóxido de carbono (CO) são duas das mais nocivas substâncias poluentes originadas de indústrias químicas e dos sistemas de exaustão de veículos automotores. Um método eficiente para reduzir suas concentrações consiste no uso do catalisador de Monel (uma liga de níquel – cobre), o qual viabiliza cineticamente a reação de transformação desses poluentes em  $\text{N}_2$  e  $\text{CO}_2$ .

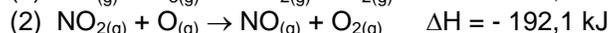
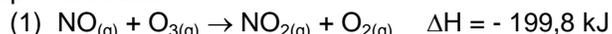


Marque as alternativas corretas:

01. Os catalisadores não afetam as velocidades das reações químicas.
02. O catalisador de Monel atua na reação diminuindo sua energia de ativação.
04. A reação ocorre mais lentamente sem o uso do catalisador.
08. O uso de catalisadores afeta as energias relativas dos reagentes e produtos, alterando as variações de entalpia e energia livre das reações.

Soma: \_\_\_\_\_

5. (UFC 96.2) O óxido nítrico (NO), produzido pelo sistema de exaustão de jatos supersônicos, atua na destruição da camada de ozônio através de um mecanismo de duas etapas, abaixo representadas:



Assinale as alternativas corretas:

01. A relação total pode ser representada pela equação:  $\text{O}_{3(g)} + \text{O}_{(g)} \rightarrow 2\text{O}_{2(g)}$ .
02. No processo total, o NO é um catalisador da reação.
04. Sendo  $v = k [\text{O}_3] [\text{O}]$  a expressão de velocidade para o processo total, a reação é dita de primeira ordem com relação ao ozônio.
08. Ambas as reações correspondentes às etapas do processo são endotérmicas.
16. A reação total fornecerá 391,9 KJ por mol de oxigênio formado.

7. (UNIFOR 00.1) Um prego de ferro foi colocado em uma solução aquosa ácida e aconteceu a reação representada pela equação:  $\text{Fe}_{(s)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$

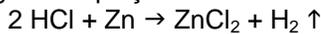
Para formar essa reação mais rápida, pode-se repetir o experimento fazendo o seguinte:

- I. aquecer a solução de ácido
- II. usar solução de ácido mais diluída
- III. triturar o prego

A rapidez SOMENTE é aumentada quando se realiza:

- a) I e III
- b) I e II
- c) III
- d) II
- e) I

8. (UECE 01.1) Em uma série de experimentos controlados, um pesquisador fez reagir porções de 3,27g de zinco metálico com diferentes volumes de soluções de ácido clorídrico de diferentes títulos, conforme a seguinte equação:

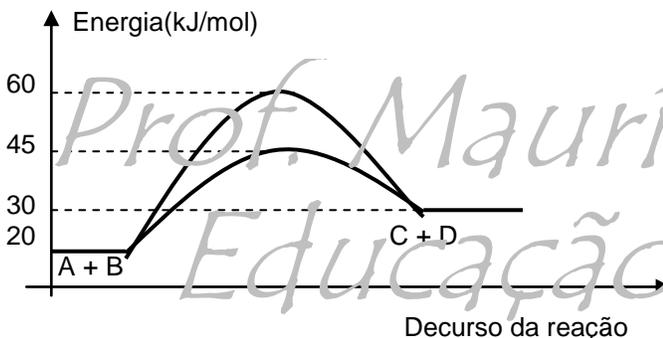


Se, nos vários experimentos efetuados, forem mantidos constantes a massa e o estado de agregação do zinco e também a temperatura e a pressão sob as quais estes experimentos são realizados, assinale a opção que descreve as condições sob as quais pode ser observada a maior velocidade de reação.

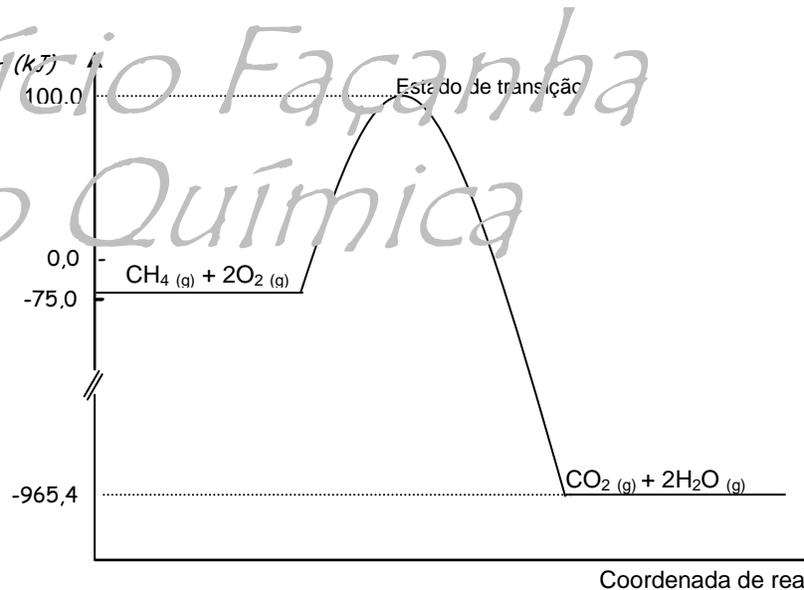
- a) Experimento I: 2000mL de solução contendo 1,825g HCl/L + Zn
- b) Experimento II: 1000mL de solução contendo 3,65g HCl/L + Zn
- c) Experimento III: 500mL de solução contendo 7,30g HCl/L + Zn
- d) Experimento IV: 250mL de solução contendo 14,60g HCl/L + Zn

9. (UECE 98.2) O gráfico referente à reação  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$  mostra seu andamento sem e com catalisador. Através dele podemos afirmar que:

- a) a energia de ativação sem catalisador é 30kJ.
- b) com presença do catalisador a energia do complexo ativado diminuiu de 15kJ.
- c) a energia absorvida pela reação é 25kJ.
- d) com presença do catalisador a energia absorvida pela reação diminuiu de 15kJ.



10. (UFC 01) Os constantes aumentos dos preços dos combustíveis convencionais dos veículos automotores têm motivado a utilização do gás natural ( $\text{CH}_4$ ) como combustível alternativo. Analise o gráfico abaixo, que ilustra as variações de entalpia para a combustão do metano.



Assinale a alternativa correta.

- a) A entalpia de combustão do metano,  $\Delta H_c = -890,4$  kJ/mol, equivale ao valor da somatória das entalpias de formação de um mol de  $\text{CO}_2(g)$  e 2 mols de  $\text{H}_2\text{O}(g)$ .
- b) A energia calorífica consumida para a ativação da reação, 175 kJ/mol, é consideravelmente menor do que a energia liberada na combustão do metano,  $\Delta H = -890,4$  kJ/mol.
- c) A reação de combustão do  $\text{CH}_4$  bem exemplifica um processo exotérmico, com liberação de 965,4 kJ, quando um mol deste gás é consumido para produzir 3 mols de produtos gasosos.
- d) A formação do estado de transição envolve uma variação de entalpia de 100kJ/mol, e o calor de combustão do  $\text{CH}_4$  corresponde ao valor,  $\Delta H = -965,4$ kJ/mol.
- e) O cálculo termodinâmico, rigorosamente correto, do calor de combustão do  $\text{CH}_4$  envolve todas as etapas representadas no gráfico, isto é:  $\Delta H = (-75 + 100 - 965,4) = -940,4$  kJ/mol.

**GABARITO: 1. B, 2. C, 3. A, 4. 06, 5. 07, 6. 07, 7. A, 8. D, 9. B, 10. E.**