



UNICAMP

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
COMISSÃO PERMANENTE PARA OS VESTIBULARES



Grupo Santander Banespa

# 2004

vestibular nacional  
**UNICAMP**

2<sup>a</sup> Fase

Química

## INTRODUÇÃO

A Química é constituída por um conjunto de conhecimentos fundamentais a respeito da matéria formadora do universo. O conjunto de dados e entendimentos, dinâmica e constantemente compilados nesse ramo da ciência são indispensáveis em outros ramos igualmente importantes para a humanidade. Temos um sistema de troca de questões e informações que induzem ao crescimento geral do conhecimento.

Nesta prova, mostra-se um pouco desse processo interativo entre os diversos aspectos do conhecimento humano, onde a Química desempenha papel fundamental. As Geociências, que estudam tanto o nosso planeta quanto todos os corpos do universo, constituem um aspecto belíssimo do saber humano, oferecendo-nos a visão de que tudo está associado, desde um pequeno grão de areia até galáxias gigantescas.

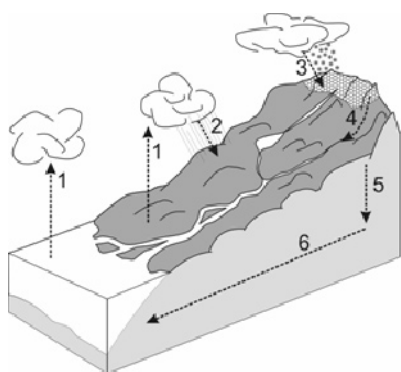
Logo adiante, encontra-se um texto a respeito do tema escolhido para esta prova. Esse texto foi publicado na página da Comvest, no dia 12 de janeiro de 2004, logo após o encerramento da prova.

Vivemos em uma época notável. Os avanços da ciência e da tecnologia nos possibilitam entender melhor o planeta em que vivemos. Contudo, apesar dos volumosos investimentos e do enorme esforço em pesquisa, a Terra ainda permanece misteriosa. O entendimento desse sistema multifacetado, físico-químico-biológico, que se modifica ao longo do tempo, pode ser comparado a um enorme quebra-cabeças. Para entendê-lo, é necessário conhecer suas partes e associá-las. Desde fenômenos inorgânicos até os intrincados e sutis processos biológicos, o nosso desconhecimento ainda é enorme. Há muito o que aprender. Há muito trabalho a fazer.

Nesta prova, vamos fazer um pequeno ensaio na direção do entendimento do nosso planeta, a Terra, da qual depende a nossa vida.

### QUESTÃO 1

A figura abaixo representa o ciclo da água na Terra. Nela estão representados processos naturais que a água sofre em seu ciclo. Com base no desenho, faça o que se pede:



**a)** Considerando que as nuvens são formadas por minúsculas gotículas de água, que mudança(s) de estado físico ocorre(m) no processo 1?

**b)** Quando o processo 1 está ocorrendo, qual o principal tipo de ligação que está sendo rompido/formado na água?

**c)** Cite pelo menos um desses processos (de 1 a 6) que, apesar de ser de pequena intensidade, ocorre no sul do Brasil. Qual o nome da mudança de estado físico envolvida nesse processo?

## RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

Evaporação e condensação.

b) (1 ponto)

Ligação de hidrogênio.

c) (2 pontos)

Processo 3: solidificação (neve).

## EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) VAPORIZAÇÃO E CONDENSÇÃO

b) PONTES DE HÍDROGÊNIO

c) O PROCESSO 3, SOLIDIFICAÇÃO

## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) Ocorre a evaporação.

b) Não está sendo formada ou rompida nenhuma tipo de ligação no processo 4

c)

## COMENTÁRIOS

Esta é uma questão muito fácil, cujo conteúdo já é aprendido nos primeiros anos da escola. Esperava-se um bom desempenho para os candidatos da segunda fase, o que, de fato, foi verificado. Surpreendeu, porém, que apenas 17,2 % dos candidatos obtiveram a nota a máxima, 5. Por outro lado, apenas 0,2 % dos candidatos ficaram com zero.

**QUESTÃO 2** Cerca de 90% da crosta e do manto terrestres são formados por minerais silicáticos. Entender muitos processos geoquímicos significa conhecer bem o comportamento dessas rochas em todos os ambientes. Um caso particular desse comportamento na crosta é a solubilização da sílica ( $\text{SiO}_2$ ) por água a alta temperatura e pressão. Esse processo de dissolução pode ser representado pela equação:



Em determinado pH a 300 °C e 500 atmosferas, a constante de equilíbrio para essa dissolução, considerando a água como solvente, é de 0,012.

- a)** Escreva a expressão da constante de equilíbrio para esse processo de dissolução.
- b)** Determine a concentração em  $\text{g L}^{-1}$  de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  aquoso quando se estabelece o equilíbrio de dissolução nas condições descritas.

**RESPOSTA ESPERADA**

**a) (2 pontos)**

$$K = [\text{H}_4\text{SiO}_4]$$

**b) (3 pontos)**

$$[\text{H}_4\text{SiO}_4] = K = 0,012 \quad \text{donde } [\text{H}_4\text{SiO}_4] = 0,012 \text{ mol l}^{-1}$$

$$M = (4 \times 1) + 28 + (4 \times 16) = 96 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{Concentração} = 0,012 \times 96 \cong 1,15 \text{ g L}^{-1}$$

**EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA**

$$a) K_c = [\text{H}_4\text{SiO}_4]$$

$$b) \text{ como } K_c = 0,012;$$

$$\text{então } [\text{H}_4\text{SiO}_4] = 0,012 \text{ mol/L}$$

$$C = n \cdot M \quad \Rightarrow \quad C = 0,012 \cdot 96 \quad \Rightarrow \quad \boxed{C = 1,152 \text{ g/L}}$$

### EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) a expressão da constante de equilíbrio para esse processo é:  $K_c = \frac{[H_4SiO_4]}{[H_2O]^2}$ .

$$b) \quad 0,012 = \frac{x}{(2x)^2} \Rightarrow 0,048x^2 - x = 0$$

$$x(0,048x - 1) = 0$$

$$x = 20,8 \text{ mol/L}$$

$$96 \text{ g} = 1 \text{ mol}$$

$$x = 89 \text{ mol} = 1 \text{ L}$$

$$x = 96 \times 89$$

$$x = 8.544 \text{ g/L}$$

R: a concentração de  $H_4SiO_4$  quando se estabelece o equilíbrio é 1996,8 g/L

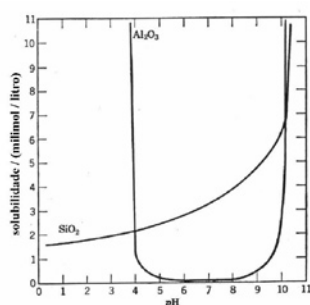
### COMENTÁRIOS

Esta questão é muito conceitual, porém de fácil resolução. No que concerne ao aspecto conceitual, a banca julgava tratar-se de uma questão difícil para a maioria dos candidatos. O desempenho observado foi uma grande surpresa, já que a nota média de 0,71 e o número de zeros de 72,6 % revelaram uma dificuldade muito superior ao esperado.

A questão trata de equilíbrio químico, assunto muito visto no grau médio. Talvez a dificuldade tenha surgido do enfoque conceitual colocado, o que nos remete, em parte, ao discutido na questão 4 da primeira fase: os estudantes continuam a ser treinados a apresentar respostas pré-programadas. Ao se depararem com questões que exigem que "trabalhem" o conhecimento adquirido, sentem dificuldade. É interessante comparar os rendimentos da questão 4 da primeira fase e da presente, apesar desta ter sido aplicada a um grupo já previamente selecionado.

## QUESTÃO 3

Na superfície da Terra, muitos minerais constituintes de rochas sofrem transformações decorrentes das condições superficiais determinadas pelas chuvas, pelo calor fornecido pelo Sol e pela presença de matéria orgânica. Por exemplo, minerais de composição alumino-silicática poderão originar a bauxita (minério de alumínio rico em  $Al_2O_3$ ), ou então, laterita ferruginosa (material rico em ferro), dependendo da retirada de sílica e a conseqüente concentração seletiva de óxidos de alumínio ou ferro, respectivamente. O gráfico representa as condições sob as quais se dá a solubilização em água da sílica ( $SiO_2$ ) e da alumina ( $Al_2O_3$ ) a partir desses minerais, em função do pH.



a) Considerando o gráfico, diga que substância predomina, em solução aquosa, sob as condições de pH 3.

b) E sob as condições de pH 8, que substância predomina em solução aquosa?

c) Em que faixa de pH a solubilização seletiva favorece a formação de material residual rico em  $Al_2O_3$ ? Justifique.

d) A espécie  $H_4SiO_4$  formada na dissolução do  $SiO_2$ , que também pode ser escrita como  $Si(OH)_4$ , em solução aquosa, apresenta caráter ácido ou básico? Justifique, usando as informações contidas no gráfico.

## RESPOSTA ESPERADA

a) (1 ponto)



b) (1 ponto)

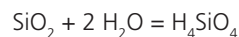


c) (1 ponto)

Entre pH 5 e 9, onde a alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) é pouquíssimo solúvel.

d) (2 pontos)

Observa-se que a solubilidade da sílica ( $\text{SiO}_2$ ) aumenta muito acima de pH 9. A solubilização da sílica é dada por:



O aumento do pH (maior quantidade de  $\text{OH}^-$ ) aumenta a solubilidade. Isso significa que há um consumo de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , o que indica que esta espécie é um ácido.

## EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) Trata-se da alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

b) A sílica ( $\text{SiO}_2$ ).

c) O pH tem valor entre, aproximadamente, 5 e 9. Pois nesse intervalo a solubilidade do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  na água é muito baixa, o que favorece a formação de precipitados, ou seja, de material residual rico em  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

d) Essa espécie apresenta caráter ácido. Pois com o aumento do valor do pH, em outras palavras, com o aumento da basicidade da solução, a dissolução do  $\text{SiO}_2$  aumenta. Isso indica que o caráter ácido do  $\text{SiO}_2$  foge com que ele reaja com compostos básicos da solução, dissolvendo-se ainda mais.

## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

- a) a substância que predomina sob as condições de  $\text{pH} = 3$  é o  $\text{SiF}_2$
- b) a substância que predomina sob as condições de  $\text{pH} = 8$  é o  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- c) ~~Proprietário de intervalo~~ a faixa de  $\text{pH}$  que favorece material residual não em  $\text{Al}_2\text{O}_3$  é o  $\text{pH}$  entre 4 e 9,5, pois de acordo com o gráfico a solubilidade nessa faixa é menor que um milimol/litro. Desta forma a solubilidade do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  é inexistente favorecendo material residual não em  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .
- d) Caráter ÁCIDO, pois de acordo com o gráfico a medida que se aumenta o  $\text{pH}$  a substância vai ficando mais solúvel e o que ocorre neste caso é que o ácido formado  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  vai sendo consumido no meio básico. Princípio de Le Chatelier ~~que mostra como a medida que aumenta a concentração de~~ ~~força~~ o  $\text{pH}$  básico o ácido formado vai sendo consumido mais rapidamente favorecendo a formação de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ .

## COMENTÁRIOS

A expectativa era de que esta questão representasse uma dificuldade média aos candidatos. De fato, o desempenho representado pela nota média igual a 1,56 confirmou a previsão. Trata-se de uma questão que associa perguntas que permitem respostas já prontas (itens a, b e c) com outra que exige raciocínio mais amplo (item d). Observe-se que a nota zero corresponde a 10,7 % dos candidatos, o que pode ser considerado adequado, mas a nota cinco diz respeito a apenas 0,5 % dos mesmos, o que ocorreu principalmente devido ao item d.

## QUESTÃO 4

As condições oxidativas/redutoras e de  $\text{pH}$  desempenham importantes papéis em diversos processos naturais. Desses dois fatores dependem, por exemplo, a modificação de rochas e a presença ou não de determinados metais em ambientes aquáticos e terrestres, disponíveis à vida. Ambos os fatores se relacionam fortemente à presença de bactérias sulfato-redutoras atuantes em sistemas anaeróbicos. Em alguns sedimentos, essas bactérias podem decompor moléculas simples como o metano, como está simplificada pela equação abaixo:



a) Considerando o caráter ácido-base dos reagentes e produtos, assim como a sua força relativa, seria esperado um aumento ou diminuição do  $\text{pH}$  da solução onde a bactéria atua? Justifique.

b) Nas condições padrão, esse processo seria endotérmico ou exotérmico? Justifique com o cálculo da variação de entalpia dessa reação nas condições padrão.

Dados- Entalpias padrão de formação em  $\text{kJ mol}^{-1}$ :  $\text{CH}_4 = -75$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4 = -909$ ;  $\text{H}_2\text{S} = -21$ ;  $\text{CO}_2 = -394$ ;  $\text{H}_2\text{O} = -286$ .

### RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

Aumento do pH. O ácido sulfúrico é mais forte do que o H<sub>2</sub>S.

b) (3 pontos)

$$\Delta H = \Delta H_p - \Delta H_r$$

$$\Delta H = -[21 + 394 + (2 \times 286)] - [(-75) + (-909)] = -3 \text{ kJ mol}^{-1}$$

O processo é exotérmico.

### EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) Seria esperado que o pH da solução ~~au~~ <sup>mentasse</sup> ~~de~~ <sup>ia</sup> que o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dos reagentes é um ácido forte, portanto apresenta uma grande liberação de íons H<sup>+</sup>. Já o H<sub>2</sub>S é um ácido fraco, e assim torna a solução ~~mais~~ <sup>menos</sup> ácida, já que ele libera uma porcentagem muito pequena de íons H<sup>+</sup>, em razão do seu baixo coeficiente de ionização, fazendo com que o pH da solução ~~inicial~~ <sup>inicial</sup> aumente ~~com~~ <sup>com</sup> ~~o~~ <sup>o</sup> ~~tempo~~ <sup>tempo</sup> ~~na~~ <sup>na</sup> ~~rejeção~~ <sup>rejeção</sup> da formação de H<sub>2</sub>S.



$$\begin{matrix} (-75) & + & (-909) & & (-21) & + & (-394) & + & 2 \cdot (-286) \end{matrix}$$

$$H_i = -75 - 909 = -984 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \quad H_f = -21 - 394 - 572 = -987$$

$$\Delta H = H_f - H_i$$

$$\Delta H = -987 - (-984)$$

$$\Delta H = -3 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta H < 0 \Rightarrow \text{exotérmico}$$

R: Nas condições padrão esse processo seria exotérmico.

### EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) Seria esperado uma diminuição do pH, pois a concentração de íons H<sup>+</sup> aumentaria.

$$b) \Delta H = \Delta H_{\text{form}} - \Delta H_{\text{romp}} \\ = -(21 + 394 + 2 \cdot 286) + (909 + 75)$$

$$= -987 + 984$$

$$\Delta H = -3 \text{ KJ}$$

O processo é endotérmico

### COMENTÁRIOS

Esta é uma questão clássica de equilíbrio, na interface da Química e da Biologia. Esperava-se, assim, que não houvesse maior dificuldade para a maioria dos candidatos, configurando-se como de dificuldade média para fácil. De fato, o desempenho observado contemplou o esperado.



**QUESTÃO 5** A matéria orgânica viva contém uma relação  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$  constante. Com a morte do ser vivo, essa razão vai se alterando exponencialmente com o tempo, apresentando uma meia-vida de 5600 anos.

Constatou-se que um riacho, onde ocorreu uma grande mortandade de peixes, apresentava uma quantidade anômala de substâncias orgânicas. Uma amostra da água foi retirada para análise. Estudando-se os resultados analíticos referentes à relação  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$ , concluiu-se que a poluição estava sendo provocada por uma indústria petroquímica e não pela decomposição natural de animais ou plantas que tivessem morrido recentemente.

**a)** Como foi possível, com a determinação da relação  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$ , afirmar com segurança que o problema tinha se originado na indústria petroquímica?

**b)** Descreva, em poucas palavras, duas formas pelas quais a presença dessa matéria orgânica poderia ter provocado a mortandade de peixes.

#### RESPOSTA ESPERADA

**a) (2 pontos)**

A indústria petroquímica utiliza material fóssil onde a relação  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$  tende a zero, diferentemente da matéria viva ou recentemente morta.

**b) (3 pontos)**

Neste item, espera-se que o candidato apresente duas formas como, por exemplo:

- Bloqueando a entrada de luz na água do rio, provocando, assim, um desequilíbrio geral no ecossistema aquático do local.
- Bloqueando a dissolução de oxigênio a partir da atmosfera.
- Consumindo o oxigênio dissolvido na água.
- Por ação direta sobre os peixes.

#### EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) Os resíduos provenientes da petroquímica vêm de matéria orgânica morta há milhões de anos, onde a relação  $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$  é muito menor do que em matéria orgânica morta recentemente.

b) A matéria orgânica poderia ser diretamente nociva ao organismo dos peixes ou poderia prejudicar a oxigenação da água, o que mata os peixes a longo prazo.

## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) Se o problema tivesse sido causado pela decomposição de animais e plantas, a relação  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  se alteraria com o tempo, como uma relação permaneceu constante, concluiu-se que o problema foi causado pela indústria.

b) Com uma quantidade anormal de matéria orgânica houve uma proliferação de bactérias aeróbias e a consequente diminuição do oxigênio provocou a morte dos peixes.

A maior quantidade de matéria orgânica disponível pode ter provocado um aumento no número de peixes. Isso causou diminuição na oferta de alimentos e a consequente morte dos peixes.

## COMENTÁRIOS

Trata-se de uma questão relativamente simples, mas que foi apresentada de modo não convencional, no que se refere ao decaimento do  $^{14}\text{C}$ . Foi justamente neste item que a maioria dos candidatos sentiu dificuldade. No item b, que focalizou um assunto muito visto em Química e em Biologia e, de certo modo, também muito divulgado em jornais e revistas, as respostas foram bem variadas e dentro do esperado para um desempenho médio. O desempenho geral da questão (1,45) indica que os candidatos sentiram dificuldade, o que se justifica, principalmente, pelo item a. Também nesse caso, fica evidente a dificuldade que os estudantes têm de enfrentar questões fora de “padrões” pré-estabelecidos.

## QUESTÃO 6

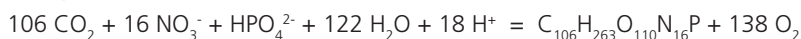
A síntese de alimentos no ambiente marinho é de vital importância para a manutenção do atual equilíbrio do sistema Terra. Nesse contexto, a penetração da luz na camada superior dos oceanos é um evento fundamental. Ela possibilita, por exemplo, a fotossíntese, que leva à formação do fitoplâncton, cuja matéria orgânica serve de alimento para outros seres vivos. A equação química abaixo, não-balanceada, mostra a síntese do fitoplâncton. Nessa equação o fitoplâncton é representado por uma composição química média.



- Reescreva essa equação química balanceada.
- De acordo com as informações do enunciado, a formação do fitoplâncton absorve ou libera energia? Justifique.
- Além da produção de alimento, que outro benefício a formação do fitoplâncton fornece para o sistema Terra?

## RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)



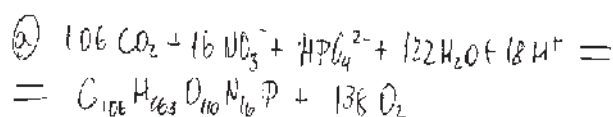
b) (2 pontos)

Absorve energia, pois usa luz para a fotossíntese.

c) (1 ponto)

Produção de  $\text{O}_2$  e consumo de  $\text{CO}_2$ .

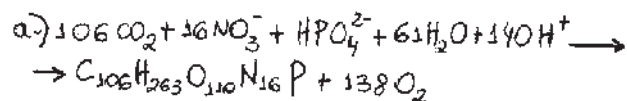
## EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA



b) Uma das etapas para a formação do fitoplâncton é a fotossíntese. Esse processo absorve a energia solar e a utiliza para formação de novas substâncias. Portanto, a formação do fitoplâncton absorve energia.

c) A produção de oxigênio.

## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA



b) libera energia, já que ele se forma a partir da fotossíntese, que é forma de se obter energia.

c) É o fitoplâncton que libera o  $\text{O}_2$  utilizado pelos seres aeróbicos na Terra. As plantas terrestres também liberam  $\text{O}_2$ , mas consomem-no na respiração, o que não ocorre com o fitoplâncton.

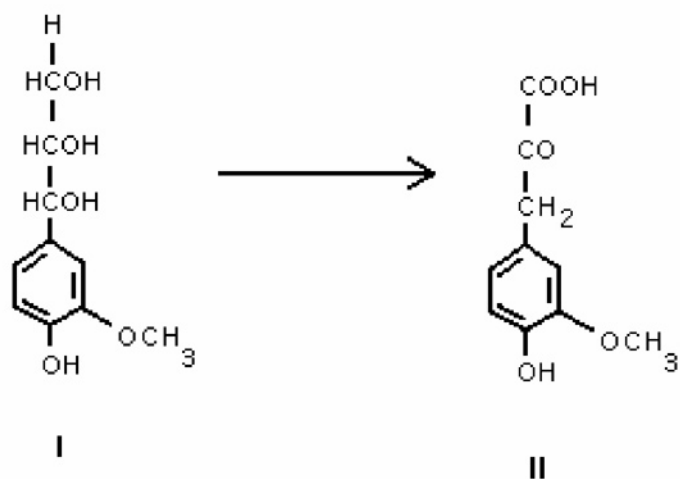
## COMENTÁRIOS

O desempenho dos estudantes nesta questão (3,09) mostra que a mesma não apresentou muita dificuldade, aliás, como esperado. Trata-se de uma questão que fica na interface da Química e da Biologia. Muitos candidatos nitidamente se valeram de conhecimentos adquiridos nas aulas de Biologia para responder às perguntas. Isto, na opinião da banca, denota algo muito positivo em termos de ensino no grau médio.

## QUESTÃO 7

É voz corrente que, na Terra, tudo nasce, cresce e morre dando a impressão de um processo limitado a um início e a um fim. No entanto, a vida é permanente transformação. Após a morte de organismos vivos, a decomposição microbiológica é manifestação de ampla atividade vital. As plantas, por exemplo, contêm lignina, que é um complexo polimérico altamente hidroxilado e metoxilado, multi-ramificado. Após a morte do vegetal, ela se transforma pela ação microbiológica.

A substância I, cuja fórmula estrutural é mostrada no esquema abaixo, pode ser considerada como um dos fragmentos de lignina. Esse fragmento pode ser metabolizado por certos microorganismos, que o transformam na substância II.



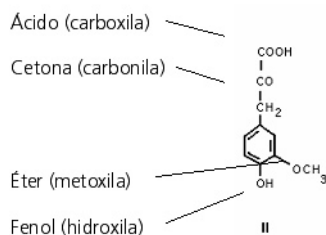
a) Reproduza a fórmula estrutural da substância II no caderno de respostas, identifique e dê os nomes de três grupos funcionais nela presentes.

b) Considerando as transformações que ocorrem de I para II, identifique um processo de oxidação e um de redução, se houver.

### RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

Espera-se que o candidato aponte três grupos como, por exemplo:

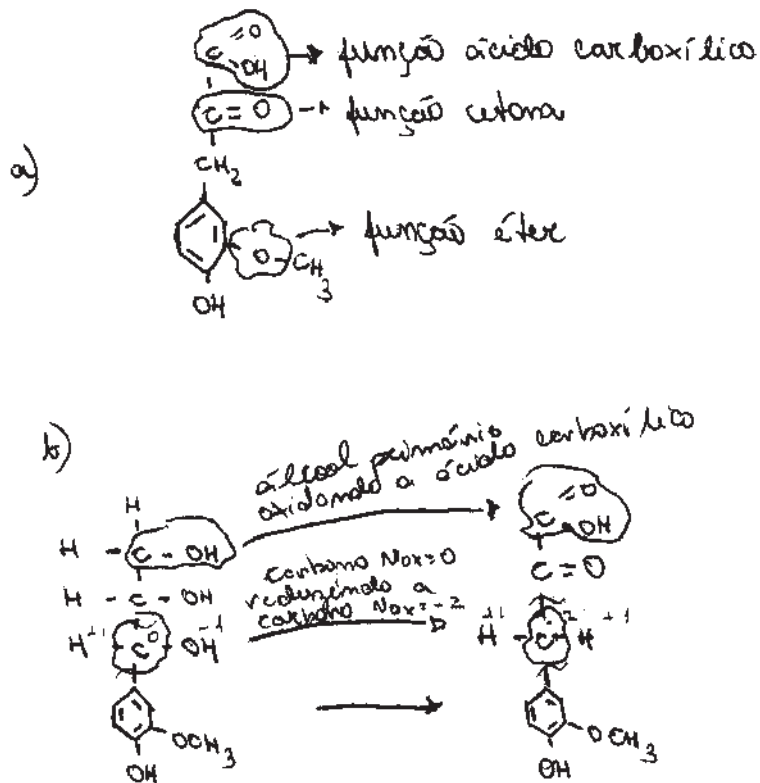


b) (2 pontos)

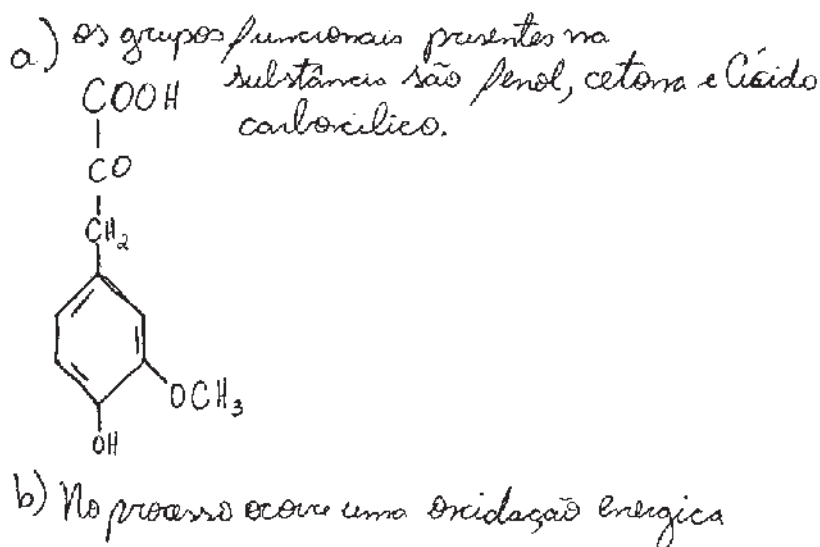
oxidação:  $\text{H}-\text{C}-\text{OH} \rightarrow \text{C}=\text{O}$

redução:  $\text{H}-\text{C}-\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA



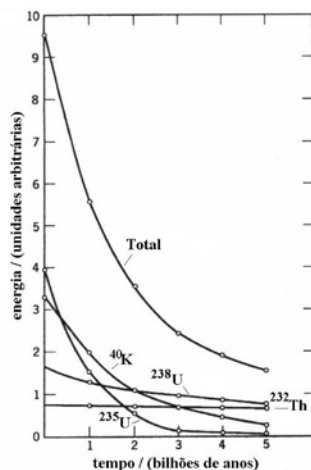
EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA



COMENTÁRIOS

Esta questão pode ser considerada clássica. O item **a**, essencialmente pede nomenclatura de funções orgânicas, assunto muito visto no Ensino Médio. O item **b** questiona sobre o conceito de óxido-redução em compostos orgânicos. O primeiro item é muito fácil, enquanto que o segundo apresenta dificuldade média. No geral, esperava-se um desempenho que indicasse dificuldade média. A nota média observada (2,92) aponta nessa direção.

## QUESTÃO 8



Existem várias hipóteses quanto à origem da Terra e sobre os acontecimentos que geraram as condições físico-químico-biológicas dos dias de hoje. Acredita-se que o nosso planeta tenha se formado há cerca de 4550 milhões de anos. Um dos estágios, logo no início, deve ter sido o seu aquecimento, principalmente pela radioatividade. A figura mostra a produção de energia a partir de espécies radioativas e suas abundâncias conhecidas na Terra.

- Quantas vezes a produção de energia radiogênica (radioativa) era maior na época inicial de formação da Terra, em relação aos dias atuais?
- Quais foram os dois principais elementos responsáveis pela produção de energia radiogênica na época inicial de formação da Terra?
- E nos dias de hoje, quais são os dois principais elementos responsáveis pela produção dessa energia?

### RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

$$9,5 / 1,5 = 6 \text{ vezes}$$

b) (2 pontos)

$^{40}\text{K}$  e  $^{235}\text{U}$

c) (1 ponto)

$^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$

### EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

$$\textcircled{A} \frac{\text{inicial}}{\text{atual}} = \frac{9,5}{1,5} \approx \boxed{6,3 \text{ vezes maior}}$$



## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) Início  $\rightarrow 9,5$  unidades  
 Hoje  $\rightarrow 2,5$  unidades  
 $\frac{9,5}{2,5} = \boxed{3,8 \text{ vezes maior}}$

b) *Tempo de meia-vida dos elementos radioativos (a cada tempo de meia-vida, a quantidade do elemento reduz-se a metade)*

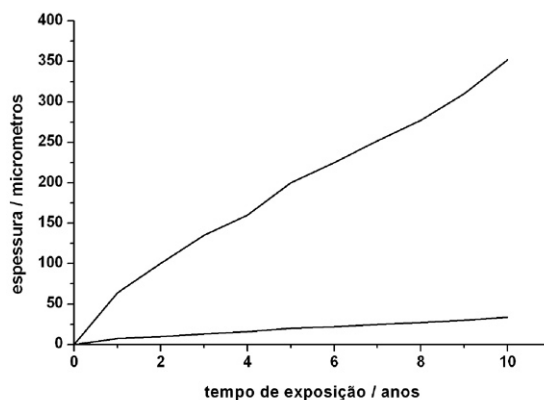


## COMENTÁRIOS

O assunto de face colocado nesta questão, radioatividade, é pouco visto no Ensino Médio. No entanto, o que de fato se procura avaliar é a capacidade de leitura de gráfico. Esperava-se, portanto, alto desempenho em função da facilidade. Observou-se média 2,72, algo abaixo do esperado. A impressão que ficou é que muitos candidatos, justamente por não terem visto adequadamente o assunto radioatividade, vacilaram na resolução da questão. Essa suposição é referendada pelo percentual de zeros (19,6 %), muito alto para uma questão como esta.

## QUESTÃO 9

Coincidentemente, duas equipes independentes de geólogos brasileiros encontraram dois meteoritos. Um foi encontrado em Cabaceiras, Paraíba, na região do polígono das secas e o outro em São Félix do Xingu, na Amazônia. Os dois eram, essencialmente, constituídos por ferro metálico. Um deles (A), no entanto, apresentava uma película de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  de  $300 \times 10^{-6}$  m de espessura, enquanto que o outro (B) apresentava uma superfície pouco alterada. Suspeita-se que ambos tiveram a mesma origem, tendo, portanto, a mesma composição química original. O gráfico abaixo representa a formação de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  em função do tempo, em presença de ar atmosférico com umidades relativas diferentes.



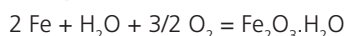
- a) Qual dos meteoritos, A ou B, caiu na região do Xingu? Justifique.
- b) Escreva a equação química que representa a formação da substância que recobre a superfície do meteorito.
- c) Há quanto tempo, pode-se estimar, caiu na Terra o meteorito que foi encontrado oxidado?

## RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

O meteorito A, pois na região do Xingu a umidade é alta, favorecendo a formação da película de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , o que não acontece facilmente em região seca.

b) (2 pontos)

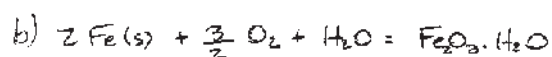


c) (1 ponto)

Aproximadamente 8,5 anos.

## EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) O meteorito A, pois estava mais coberto por  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , que necessita de água para se formar, algo abundante na região.



c) Em torno de 9 anos.

## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) B, pois foi o que teve a superfície menos alterada

b)

c) 9 anos.

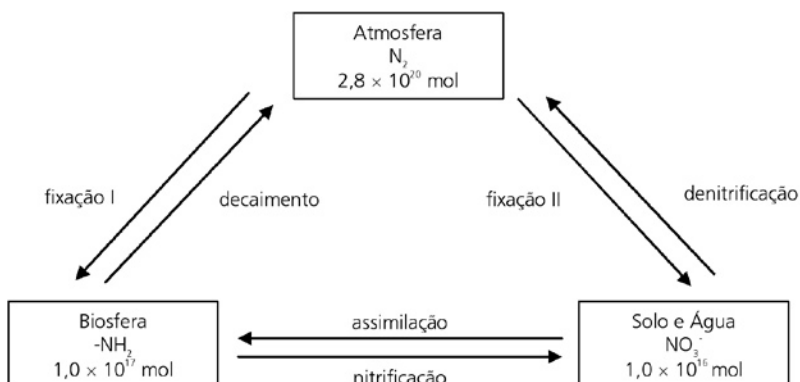


## COMENTÁRIOS

A resolução desta questão é imediata desde que se encontre a “chave” que é o clima úmido da região do Xingu e o clima seco de Cabaceiras. Acreditamos que os candidatos se valerem muito do que aprenderam em aulas de Geografia e em Biologia, o que é muito positivo no aspecto ensino-aprendizado. O desempenho ficou um pouco acima do esperado o que é muito bom, no que se refere ao ensino nas escolas.

## QUESTÃO 10

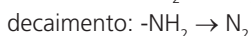
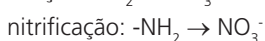
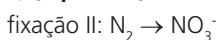
O nitrogênio é importantíssimo para a vida na Terra. No entanto, para que entre nos ciclos biológicos é fundamental que ele seja transformado, a partir da atmosfera, em substâncias aproveitáveis pelos organismos vivos. O diagrama abaixo mostra, de modo simples, o seu ciclo na Terra. Os retângulos representam os reservatórios naturais contendo quantidades de compostos de nitrogênio. No diagrama estão representados os processos envolvidos, as quantidades totais de nitrogênio e, em cada retângulo, as espécies predominantes.



- a) Quais dos processos representam oxidação de uma espécie química em outra?
- b) Em qual espécie química desse ciclo o nitrogênio apresenta o maior número de oxidação? Qual é o seu número de oxidação nesse caso? Mostre como chegou ao resultado.
- c) Qual é o número total de moles de átomos de nitrogênio no sistema representado?

## RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)



b) (2 pontos)

$\text{NO}_3^-$  - O número de oxidação do nitrogênio é +5. Como o oxigênio (óxido) apresenta número de oxidação -2 e o íon nitrato apresenta carga -1, o nitrogênio deve apresentar número de oxidação +5.

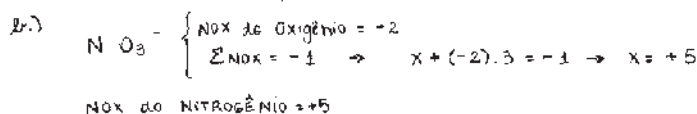
c) (1 ponto)

Aproximadamente  $2 \times 2,8 \times 10^{20} \text{ mol} = 5,6 \times 10^{20} \text{ mol}$ .

OBS: a quantidade de nitrogênio na biosfera e no solo e água é muito pequena em comparação à quantidade presente na atmosfera.

### EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a.) Representam oxidação os processos de fixação II, desnitrificação e nitrificação.



O nitrogênio apresenta maior número de oxidação, igual a +5, na espécie  $\text{NO}_3^-$ .

c.) Na atmosfera:  $2,8 \cdot 10^{20} = 5,6 \cdot 10^{20} \text{ mol}$   
 Na biosfera:  $1 \cdot 10^{14} \text{ mol}$   
 No solo e na água:  $1 \cdot 10^{16} \text{ mol}$ .

$$n_{\text{TOTAL}} = 56000 \cdot 10^{16} + 10 \cdot 10^{16} + 1 \cdot 10^{16}$$

$$n_{\text{TOTAL}} = 5,6011 \cdot 10^{20} \text{ mol de átomos de nitrogênio.}$$

### EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a.) ~~assimilação e desnitrificação~~  
 fixação II e nitrificação

b.) No solo e na água

c.) mols total de H  $\approx 2,8 \cdot 10^{20} \text{ mols H}$

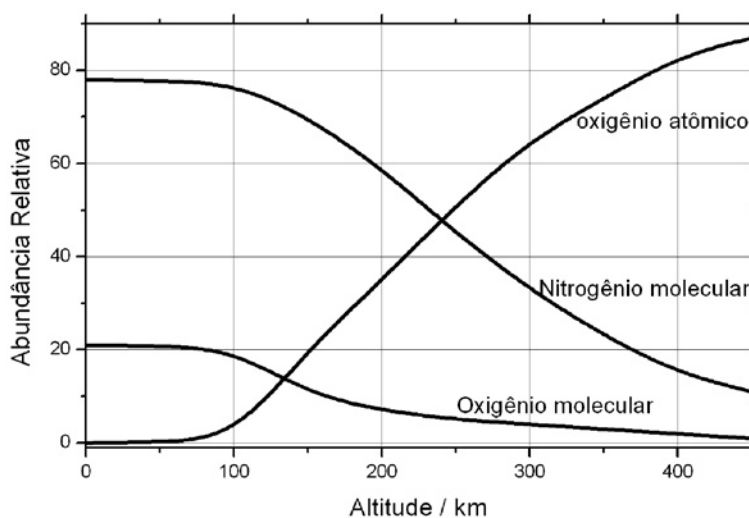
### COMENTÁRIOS

Esta questão avalia conhecimentos sobre o conceito de óxido-redução em espécies químicas inorgânicas; a capacidade de leitura de um diagrama e a percepção da ordem de grandeza de valores. A banca considera esta questão como difícil, justamente por ser muito conceitual, ao contrário do que possa parecer à primeira vista. O desempenho observado pela nota média (1,88) e pelo alto índice de zeros (32,6 %) confirmou essa suposição.

**QUESTÃO 11**

A Terra é um sistema em equilíbrio altamente complexo, possuindo muitos mecanismos auto-regulados de proteção. Esse sistema admirável se formou ao longo de um extenso processo evolutivo de 4550 milhões de anos.

A atmosfera terrestre é parte integrante desse intrincado sistema. A sua existência, dentro de estreitos limites de composição, é essencial para a preservação da vida. No gráfico abaixo, pode-se ver a abundância relativa de alguns de seus constituintes em função da altitude. Um outro constituinte, embora minoritário, que não se encontra na figura é o ozônio, que age como filtro protetor da vida na alta atmosfera. Na baixa atmosfera, a sua presença é danosa à vida, mesmo em concentrações relativamente baixas.

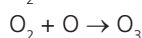
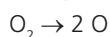


**a)** Considerando que o ozônio seja formado a partir da combinação de oxigênio molecular com oxigênio atômico, e que este seja formado a partir da decomposição do oxigênio molecular, escreva uma seqüência de equações químicas que mostre a formação do ozônio.

**b)** Tomando como base apenas o gráfico e as reações químicas citadas no item **a**, estime em que altitude a formação de ozônio é mais favorecida do ponto de vista estequiométrico. Justifique.

**RESPOSTA ESPERADA**

**a) (2 pontos)**

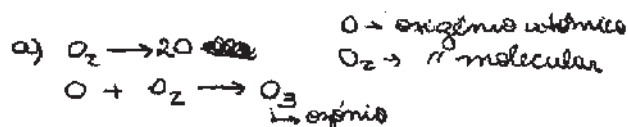


**b) (3 pontos)**

Aproximadamente 130 km, pois é onde a relação entre  $\text{O}_2$  e  $\text{O}$  obedece a estequiometria 1:1.

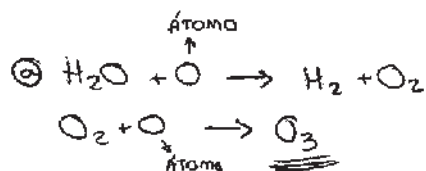
OBS.: Reparar que se pede a justificativa apenas do ponto de vista estequiométrico.

## EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA



b) A produção de oxônio é favorecida a 140 ~~km~~ <sup>km</sup> de altitude, pois é aí onde há ~~uma~~ <sup>uma</sup> concentração de oxigênio ~~atômico~~ <sup>atômico e molecular</sup>, favorecendo a formação de oxônio.

## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA



Ⓛ Nas altitudes maiores, pois nelas se encontram maiores quantidades de oxigênio atômico, necessário para a formação do oxônio.  
 Altitudes como de 400km.

## COMENTÁRIOS

Embora o assunto tratado por esta questão seja muito estudado na escola, a banca pressupõe que a mesma seria difícil para os candidatos. O item b, em particular, é muito conceitual, exigindo, de modo associado, leitura cuidadosa do gráfico fornecido. Como previsto, a média geral foi baixa (1,94) e o percentual de zeros muito alto (35,6 %).

**QUESTÃO 12** Os gêiseres são um tipo de atividade vulcânica que impressiona pela beleza e imponência do espetáculo. A expulsão intermitente de água em jatos na forma de chafariz é provocada pela súbita expansão de água profunda, superaquecida, submetida à pressão de colunas de água que chegam até à superfície. Quando a pressão da água profunda supera a da coluna de água, há uma súbita expansão, formando-se o chafariz até a exaustão completa, quando o ciclo recomeça.

**a)** Se a água profunda estiver a 300 °C e sua densidade for 0,78 g cm<sup>-3</sup>, qual será a pressão (em atmosferas) de equilíbrio dessa água supondo-se comportamento de gás ideal? R = 82 atm cm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

**b)** Nas imediações dos gêiseres, há belíssimos depósitos de sais inorgânicos sólidos que se formam a partir da água que aflora das profundezas. Dê dois motivos que justifiquem tal ocorrência.

#### RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

$$P = n RT / V \} P = (m / V) RT / M = d RT / M = 0,78 \times 82 \times 573 / 18 = 2036 \text{ atm}$$

b) (2 pontos)

Neste item, espera-se que o candidato apresente dois motivos como, por exemplo:

- A água dos gêiseres contém substâncias dissolvidas. Ao alcançar a superfície, com o resfriamento a solubilidade dessas substâncias diminui, provocando a formação do depósito sólido.
- Pela evaporação da água, as substâncias nela dissolvidas tornam-se sólidas e se depositam.

#### EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) A pressão é tal que:

$$300^\circ\text{C} = (300 + 273)\text{K}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 1 + 16 = 18$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{mRT}{MV} = \frac{dRT}{M} = \frac{0,78 \cdot 82 \cdot 573}{18} \approx 2035 \text{ atm}$$

b) Os sais inorgânicos se depositam na superfície pois a solubilidade deles diminui quando a água esfria ~~para~~ ~~pressão diminui~~ além disso a água acaba evaporando. O que não acontece facilmente com estes sais e eles acabam por concentrarem-se, precipitando.

## EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

$$\begin{aligned}
 a) \quad 300^\circ\text{C} &\rightarrow 333^\circ\text{K} & d &= \frac{m}{V} & d &= 0,78 \text{ g cm}^{-3} \\
 P &=? & R &= 83 \text{ atm cm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} & n &= 1 \\
 d &= \frac{1 \text{ g}}{V} \rightarrow 0,78 \text{ cm}^3 = V & PV &= nRT & P &= \frac{1 \cdot 83 \cdot 333}{78 \cdot 10^3} & P &= 40,4 \text{ atm} \\
 & & & & & & P &= 40,4 \text{ K atm} \\
 & & & & & & \boxed{P = 404 \text{ atm}}
 \end{aligned}$$

b) Os depósitos ocorrem pois a água sai muito quente e se resfria rapidamente, os sais minerais nela contidos se depositam nas rochas ao redor.

## COMENTÁRIOS

A expectativa era que esta questão apresentasse dificuldade média. Trata-se de aplicação da equação dos gases ideais, usando a densidade de gás e do conceito da relação entre solubilidade e temperatura. Surpreendentemente, a nota foi muito baixa (1,32) e o percentual de zeros altíssimo (43,5 %). É provável que neste caso também o aspecto conceitual da questão tenha sido empecilho para a sua resolução.

## COMENTÁRIOS

(Publicado na página da Comvest em 12 de janeiro de 2004, logo após o encerramento da prova)

### Primeiras palavras

Como pode ser notado, a prova de Química desta segunda fase do Vestibular Comvest 2004 relaciona-se com Geociências. Nestas poucas páginas, apresentadas na forma de questões, salta aos olhos como o conhecimento de princípios fundamentais da Química são essenciais para o entendimento do nosso planeta e, mesmo do Universo.

Para facilitar o entendimento por parte dos candidatos, foram feitos ajustes de linguagem, comum em Geociências, de modo a enquadrá-la dentro do usual em Química. No texto que segue abaixo, porém, as Geociências são mostradas livremente, de modo que fique claro ao leitor todo o seu colorido particular. Também são informados endereços na Internet para que os mais interessados possam se deleitar com esse belo campo do conhecimento.

Não devemos esquecer que, ao lado da beleza das Geociências, há um aspecto prático para nós brasileiros. O nosso país, de dimensões continentais e com amplos recursos minerais, oferece oportunidades incontáveis para os atuais e futuros geocientistas.

### Introdução

Estamos numa época notável, na qual os avanços da Ciência e Tecnologia possibilitam aumentar o volume e a qualidade dos estudos sobre o planeta em que vivemos. Apesar disso, e dos crescentes investimentos em pesquisa, a Terra permanece misteriosa para todos nós. O mistério reflete a difícil compreensão dos inúmeros fatores que interagem para modelar a face da Terra tal como hoje a conhecemos. A Terra contém tudo e guarda tudo, ao mesmo tempo em que consome e produz tudo aquilo que é necessário para manter as formas de vida conhecidas. Na verdade, ela é um verdadeiro laboratório de processamentos e transformações químicas. De onde veio? Para onde irá?... Quem sabe?

Hoje, mais do que nunca, é imprescindível que conheçamos e/ou compreendamos nosso planeta. A Terra é viva, os rios são vivos, a atmosfera é viva. Apesar de todas as dúvidas que persistem, não custa nada avaliar o conhecimento, testá-lo, questioná-lo e tentar argumentar sobre muitas das questões inerentes ao nosso meio. Vamos tentar?

### Desafios

O início deste novo milênio é marcado por situações absolutamente inéditas. Há menos de duas gerações, os seres humanos aventuraram-se, pela primeira vez, para além da atmosfera terrestre, rumo à vastidão do espaço. Planejam-se missões para aterrissagem de naves tripuladas em nosso planeta vizinho mais próximo, Marte, ao mesmo tempo em que naves não-tripuladas afastam-se dos confins de nosso Sistema Solar, rumo ao desconhecido.

Compreende-se, com clareza, que grande parte dos fenômenos que ocorrem na superfície da Terra são causados pela energia que o planeta recebe do Sol. Entende-se o papel e a importância da atração gravitacional para incontáveis processos, que incluem, naturalmente, a erosão e o desenvolvimento da paisagem.

A humanidade começou a desvendar os incríveis segredos guardados sob os assalhos dos oceanos e a compreender como funciona a geologia terrestre. Ficou mais claro que, além da energia solar, existe outra fonte importante: o calor interno, em parte residual e em parte originado de reações nucleares internas do planeta. Em síntese, o calor interno é o "motor" da atividade das placas litosféricas externas da Terra.

Uma consequência desses movimentos é a configuração das longas cordilheiras montanhosas modernas, como os Andes, os Himalaias e os Alpes, bem como a distribuição de petróleo, gás e muitos recursos minerais. A Terra é um planeta ativo, cuja vitalidade, ao que parece, prosseguirá ao longo dos próximos bilhões de anos.

A humanidade começou a desvendar, também, o código genético que determina a natureza fundamental de toda a vida e a fazer uso prático desse conhecimento, sem o devido tempo para avaliar, adequadamente, seus efeitos reais. Por outro lado, a verdadeira explosão populacional havida no século XX e os progressos em Ciência e Tecnologia fizeram com que o planeta deixasse de ser imune às ações humanas e às pressões que as sociedades exercem sobre recursos escassos, como a água potável, os recursos minerais e os energéticos. As fronteiras do conhecimento prosseguem abertas, mas não podemos mais assumir o papel de meros espectadores das mudanças, pois nos envolvemos cada vez mais com problemas ambientais que a própria humanidade vem causando.

Ao mesmo tempo em que alguns processos são mais bem compreendidos, outros permanecem envoltos pelo mais completo véu de mistério. Ao longo de séculos, milênios e milhões de anos, complexos mecanismos de circulação de ar e água na atmosfera, rios, lagos, geleiras e oceanos realizam a redistribuição da energia desigualmente recebida do Sol, sob variadas formas. O registro geológico nos permite saber que a Terra já passou por épocas muito mais quentes do que a atual, nos chamados períodos de "efeito estufa" e em outras épocas muito mais frias, nos chamados períodos de "efeito refrigerador". Aos poucos, começa-se a avaliar com mais precisão os resultados das mudanças sobre as formas de vida. Algumas foram registradas nos episódios de "extinção de espécies em massa". Para muitos estudiosos, estaríamos agora vivenciando nova época de "extinção em massa", dado o número de espécies que desaparece da face da Terra a cada ano, fenômeno direta ou indiretamente relacionado à ação humana.

### A geoquímica

Reações químicas existem por toda parte e conduzem, persistentemente, a contínuas modificações, em busca de condições de maior equilíbrio. Sejam elas extremamente lentas ou instantâneas, são capazes de afetar grandes volumes de materiais e alterar o mais resistente deles.

Se, por um lado, a pesquisa científica sobre o planeta traz novidades e revela aspectos singulares de novos campos do conhecimento, como os semicondutores, outras áreas mais "tradicionais" podem ser igualmente beneficiadas, embora não necessariamente na mesma intensidade. As perdas anuais de solos, por exemplo, devido a práticas agrícolas inadequadas (e outros fatores) revelam aos pesquisadores que, de fato, esse componente essencial para a agricultura é um bem não-renovável. Apesar desse enorme interesse, contudo, não se descobriu ainda um modo de acelerar, em larga escala, os processos naturais formadores dos solos.

### Os solos

Na formação dos solos, um amplo conjunto de processos adapta, reorganiza e produz novos minerais, combinando os minerais constituintes das rochas com a água e as substâncias nela dissolvidas. As estruturas cristalinas tornam-se mais abertas, espaçadas, menos imbricadas. Enfim, esses *processos intempéricos* constituem a busca por uma nova situação de equilíbrio. Por sua vez, a erosão reúne os processos de desgaste da superfície da Terra e transporte dos materiais.

As rochas expostas ao tempo degradam-se naturalmente e lentamente; sua adaptação às condições ambientais de superfície tem na água e ar elementos fundamentais. Esta tendência é prejudicial, por exemplo, em monumentos artísticos, porque é permanente, inevitável e chega a produzir materiais totalmente distintos da rocha original.

O solo é o produto residual, não significativamente transportado, poroso, das



transformações intempéricas, que exibe uma série de evidências das transformações pelas quais passou. Quando plenamente maduros, os solos apresentam perfis com a presença de horizontes característicos. A intensidade dos agentes climáticos e de transporte, combinada com a remoção dos materiais alterados, controla o máximo de evolução intempérica a ser atingido. Além de sua importância para fixação de grande número de plantas, a formação e conservação de solos interessa a uma série de áreas do conhecimento humano; dentre elas, encontram-se as pesquisas sobre fatores que retardam ou aceleram a evolução dos processos.

Fatores integrados, físicos, químicos e biológicos determinam os tipos de intemperismo. São processos que transformam e modificam os minerais no local onde as rochas se encontram. As soluções de água e ar penetram até onde houver fissuras, fraturas e descontinuidades abertas na rocha.

O solo registra a interação da biosfera e das esferas fluidas com a esfera sólida do planeta. É uma zona de repercussão de todos os processos geológicos de superfície. Os solos são predominantemente formados pelo intemperismo químico, devido ao poder de ataque químico aos materiais de origem, que provocam a formação de novos materiais a partir da cristalização de finas lâminas, os chamados argilominerais.

A argila, e também o silte, quando úmidos, assumem o aspecto de lama; quando estão secos, aparecem na forma de poeira. Esse material comum em nosso cotidiano tem composição química de silicato, como a maioria dos minerais formadores de rochas, mas é um silicato típico de ambientes de superfície, ou seja, é material fino, solto, pulverulento, formado sob condições de baixa pressão da superfície terrestre. A criação destes novos minerais não utiliza, porém, todos os produtos do intemperismo. Os resíduos "inconsumíveis" permanecem em solução e alguns são de vital importância para nutrição das plantas. As argilas são vitais para os solos, porque apresentam cargas negativas e retêm os nutrientes carregados positivamente: cátions, tais como cálcio e potássio, que foram liberados do material de origem, durante o intemperismo.

As plantas, quando existentes, desempenham papel fundamental no intemperismo, pela liberação de gás carbônico, produzido no processo da respiração, o qual diminui o pH da água ambiental. Secundariamente, o ataque químico da água parece ser ampliado pelos ácidos húmicos.

Existem dois produtos principais da deterioração da matéria orgânica, assim como há dois produtos do intemperismo dos minerais. O equivalente às argilas é o chamado húmus, o qual é composto por cadeias longas de moléculas que são fisicamente pegajosas, podendo grudar a si todo tipo de partículas de solo. É de vital importância para prevenção da erosão, pois o mesmo tem uma carga negativa que retém os nutrientes do solo, de forma similar à das argilas. Os outros produtos são os íons, muitos dos quais são nutrientes.

Com o passar do tempo, as características do solo são determinadas, tanto pelas condições do ambiente de superfície, quanto pela composição mineralógica e estruturas da rocha original. Em alguns casos, os fatores climáticos chegam a sobrepujar a composição original, pois existem locais onde solos iguais derivam de rochas diferentes.

### O entendimento do discurso científico

As informações acima são, talvez, um exemplo pouco representativo da importância dos avanços da Ciência e Tecnologia para a compreensão que as pessoas têm sobre o planeta em que vivem. Quantos fatores determinam, ao longo do tempo, as transformações que acabam resultando na formação de alguns poucos centímetros de solo em uma região tropical? Qual é, afinal, a velocidade desse processo? Como acelerá-lo, em zonas agrícolas, ou como retardá-lo, nas áreas urbanas, para proteger as fachadas de edifícios suntuosos revestidos de granitos ou mármore?

A época atual é farta de exemplos da importância do entendimento do discurso científico pelas pessoas em geral. Utilizamos fax, calculadoras, microcomputa-

dores e equipamentos a laser, mas pouquíssimas vezes nos questionamos sobre como essas coisas funcionam e quais os princípios científicos que repousam por detrás desses fenômenos aparentemente “milagrosos”. Consultamos jornais, rádios e TVs para saber das previsões de tempo e para saber o que poderá acontecer, no máximo, durante os próximos dias. Entretanto, não nos perguntamos sobre as relações entre esses efeitos e as movimentações que a Terra realiza no espaço. Sequer nos questionamos sobre o que acontecerá se prosseguir o aquecimento da Terra em um provável “efeito estufa”.

Enfim, um mínimo de conhecimento sobre temas de Ciência e Tecnologia é cada vez mais necessário para que uma pessoa possa se sentir integrada à realidade atual e para que possa associar-se mais intensamente na busca por novas descobertas que desvendem os profundos mistérios existentes no planeta em que moramos. A universidade é um local privilegiado para que as pessoas possam buscar sua formação – e participar da construção coletiva – desse vasto conhecimento organizado.

#### Sugestões para consulta na Internet

<http://geocities.yahoo.com.br/csgeologia/intemperismo1.html>  
<http://www.rc.unesp.br/ib/ecologia/caeco/solos.pdf>  
<http://www.dec.uem.br/eventos/Enteca2003/enteca2000/artigos/E2000-2-07.PDF>  
[http://www.geografia.fflch.usp.br/Geosp/Geosp13/Geosp13\\_Queiroz.htm](http://www.geografia.fflch.usp.br/Geosp/Geosp13/Geosp13_Queiroz.htm)  
[http://www.geografia.fflch.usp.br/Geosp/Geosp12/Geosp12\\_JurandyRoss.htm](http://www.geografia.fflch.usp.br/Geosp/Geosp12/Geosp12_JurandyRoss.htm)  
<http://www.geopor.pt/gne/index.html>  
<http://www.usgs.gov/>  
<http://www.bgs.ac.uk/education/home.html>  
<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/agenda21/index.html>  
<http://www.usgs.gov/education/>  
<http://www.cprm.gov.br/>  
<http://www.igm.pt/>  
<http://www.bbc.co.uk/education/rocks>  
<http://www.pr.gov.br/mineropar/>  
<http://www.cpa.unicamp.br/>