

## Enzimas e proteínas especiais

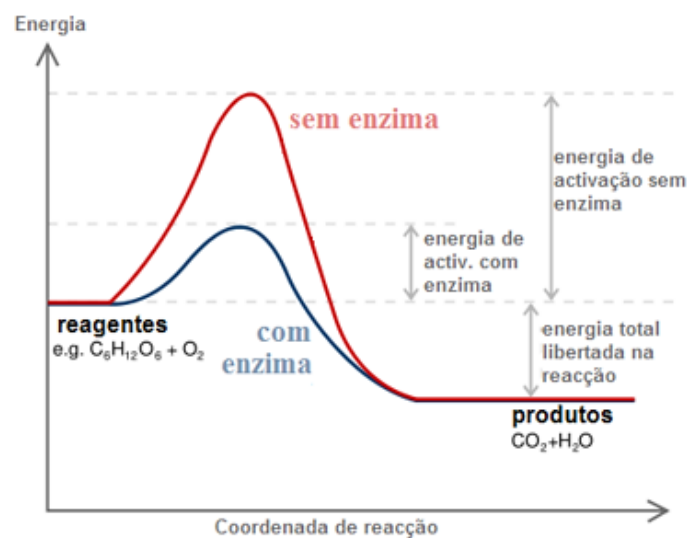
### Resumo

#### Enzimas

**Enzimas** são proteínas especiais (macromoléculas orgânicas) responsáveis por catalisar reações químicas.

**Catalisadores** são substâncias que aceleram a velocidade das reações químicas.

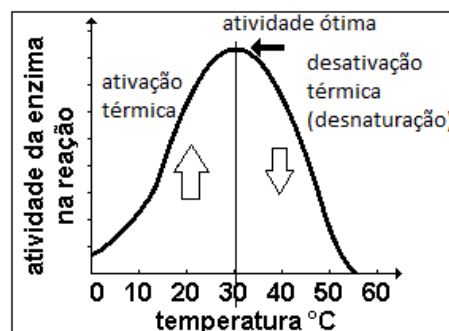
Para que uma reação química ocorra, é necessário certo grau de energia, geralmente na forma de calor, que chamamos “energia de ativação”. O papel das enzimas é diminuir a quantidade necessária de energia de ativação, favorecendo assim a reação.



As enzimas são altamente específicas e possuem **substratos** específicos que, ao interagirem, formam um complexo enzima-substrato. Essa relação obedece a um modelo “chave-fechadura”, isto é, ocorre um encaixe da enzima e um substrato específico para catalisar a reação, não sendo qualquer enzima capaz de catalisar qualquer reação (nem toda chave abrirá qualquer porta, assim como há chaves específicas para portas específicas, há enzimas específicas para substratos específicos).

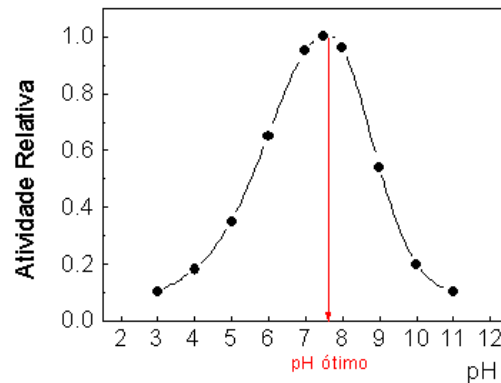
Depois da reação, a enzima **NÃO** será consumida, podendo se ligar a novos substratos para catalisar novas reações.

A **temperatura** tem grande importância na atividade enzimática.



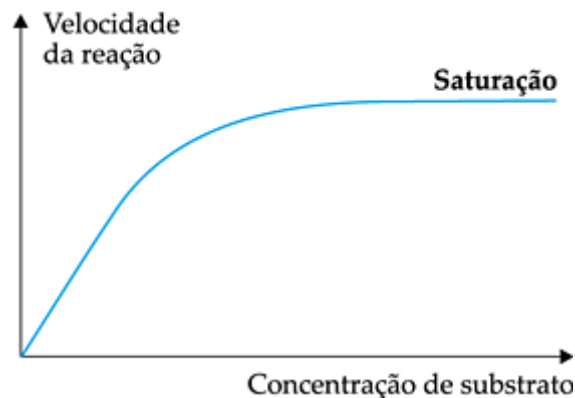
Conforme a temperatura aumenta, ocorre ativação térmica e, portanto maior atividade enzimática até atingir o ponto ótimo. Temperaturas superiores ao ponto ótimo da enzima são capazes de desnaturá-la, fazendo com que ela deixe de exercer sua função. A temperatura ótima varia de acordo com a enzima em questão.

O pH também tem grande influência na atividade enzimática, havendo um pH ótimo de funcionamento daquela enzima.



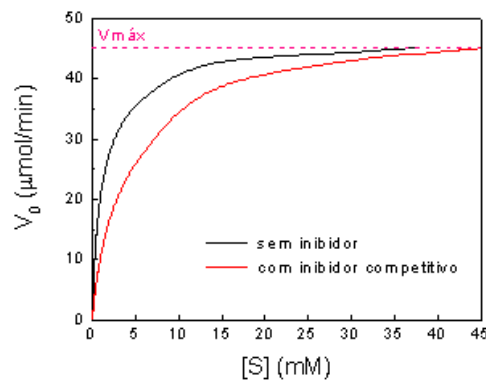
Quanto mais próximo ao pH ótimo, maior a atividade enzimática. Quanto mais distante, menor.

A concentração do substrato também afeta a velocidade da reação enzimática.

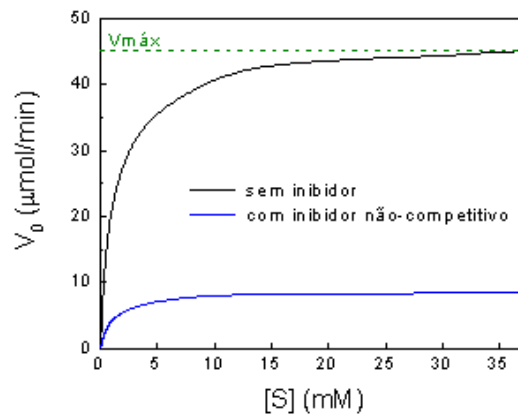


Quanto mais substrato é adicionado, mais rápida é a reação, até que é atingido um limite de saturação e a velocidade da reação permanece constante. Isso ocorre devido a saturação dos sítios ativos das enzimas presentes, uma vez que estes sítios ativos estejam ocupados, não pode ocorrer a reação, não importando quanto substrato seja adicionado. A adição de substrato somente irá aumentar a velocidade de reação enquanto houver sítios ativos disponíveis.

Enzimas podem ser inibidas por substâncias que agem como inibidores competitivos ou não-competitivos. Inibidores competitivos são aqueles que competem com o substrato pelo sítio ativo da enzima. Devido a estrutura desses inibidores ser similar a estrutura do substrato, eles são capazes de formar um complexo enzima-inibidor que impedirá a reação enzimática. Se não houver formação de complexo enzima-substrato, não haverá reação. Esses inibidores são reversíveis, e o acréscimo de substrato pode aumentar a velocidade da reação até o ponto de  $V_{m\acute{a}x}$ .



Inibidores não competitivos podem se ligar tanto à enzima quanto ao complexo enzima-substrato, mas em outro sítio de ligação. Essa ligação impedirá a enzima de realizar sua função, sem impedir a formação do complexo enzima-substrato propriamente dito, e portanto não competindo com o substrato pelo sítio ativo enzimático. Sendo assim, não importa o quanto aumente a concentração de substrato, a velocidade máxima não será atingida, mesmo que o inibidor seja reversível.



Há também o caso de inibidores irreversíveis, que estabelecem ligações estáveis com a enzima e impedem permanentemente sua ação. Alguns são conhecidos como inibidores suicidas, já que se ligam com a enzima e a degradam, sendo degradados junto. É o caso de alguns venenos, como certos inseticidas. Existem as moléculas auxiliares, que se ligam às enzimas para melhorar o funcionamento dessas macromoléculas:

- Inorgânicas (sais minerais): COFATORES
- Orgânicas (vitaminas): COENZIMAS

Essas moléculas auxiliares podem ser encontradas em frutas e verduras.

## Imunoglobulinas

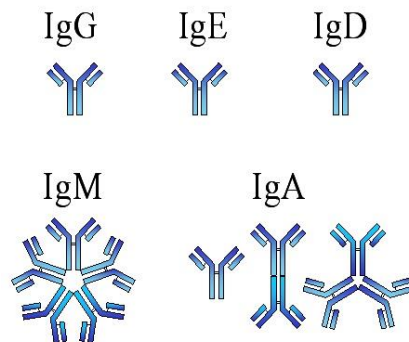
Também chamados de anticorpos, imunoglobulinas são glicoproteínas que reconhecem, marcam e neutralizam antígenos.

São produzidos pelos linfócitos B e são capazes de se combinar a substâncias estranhas ao corpo, deixando-as inativas.

Anticorpos são altamente específicos, atuando apenas contra seu antígeno específico, enquanto um antígeno pode desencadear a resposta de várias imunoglobulinas.

Podem ser classificados em cinco tipos, de acordo com suas cadeias:

- **Imunoglobulina A (IgA):** Predominante em secreções como saliva, leite, muco presente nas mucosas do trato gastrointestinal e trato respiratório.
- **Imunoglobulina D (IgD):** Função desconhecida, encontrada em baixas quantidades no sangue e pode ser detectada em diversas espécies. Recentemente, foi descoberto que é capaz de ligar-se a basófilos e mastócitos, ativando estas células, o que favorece a defesa imune.
- **Imunoglobulina E (IgE):** Encontrada na superfície de mastócitos, eosinófilos e basófilos (tipos de células de defesa), sendo importante no combate a vermes e reações alérgicas.
- **Imunoglobulina G (IgG):** Produzida em larga escala quando o corpo reconhece um antígeno, é responsável pela memória-imune contra aquele antígeno detectado.
- **Imunoglobulina M (IgM):** Encontrada principalmente no meio intravascular, produzida em grandes quantidades na fase inicial de doenças, sendo encontrada também nos linfócitos B, agindo como receptor de antígenos.



---

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

## Exercícios

---

1. O funcionamento dos organismos vivos depende de enzimas, as quais são essenciais às reações metabólicas celulares. Essas moléculas:
- a) possuem cadeias nucleotídicas com dobramentos tridimensionais que reconhecem o substrato numa reação do tipo chave-fechadura.
  - b) diminuem a energia de ativação necessária à conversão dos reagentes em produtos.
  - c) aumentam a velocidade das reações químicas quando submetidas a pH maior que 8,0 e menor que 6,0.
  - d) são desnaturadas em temperaturas próximas de 0 °C, paralisando as reações químicas metabólicas.
  - e) são consumidas em reações metabólicas exotérmicas, mas não alteram o equilíbrio químico.

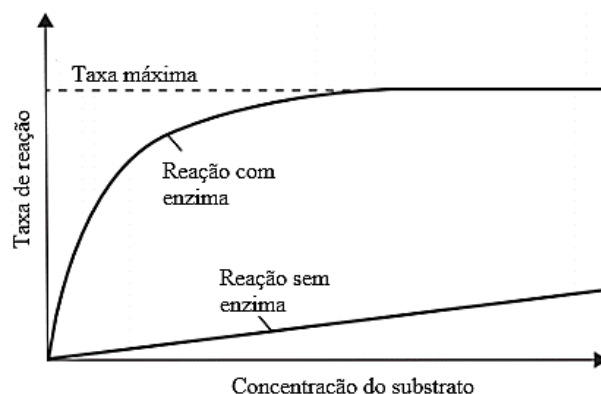
2. “Cerca de 27 milhões de brasileiros têm intolerância ao leite por deficiência na produção de uma enzima do intestino”.

FOLHA DE SÃO PAULO, 09/08/98.

Sobre a enzima citada no artigo, e as enzimas em geral, podemos afirmar que:

- a) Aumentam a energia de ativação necessária para as reações.
  - b) Atuam de forma inversamente proporcional ao aumento da temperatura.
  - c) São altamente específicas em função de seu perfil característico.
  - d) São estimuladas pela variação do grau de acidez do meio.
  - e) São consumidas durante o processo, não podendo realizar nova reação do mesmo tipo.
3. A fonte das proteínas ingeridas (oriundas de carne de insetos, vacas, cães ou porcos) é indiferente para nossa nutrição uma vez que:
- a) as funções das proteínas são mantidas em nosso organismo
  - b) as proteínas perdem somente a estrutura terciária no processo digestivo
  - c) as proteínas absorvidas são inativadas em nosso sangue
  - d) a digestão das proteínas determina que somente os aminoácidos sejam absorvidos
  - e) as proteínas são utilizadas preferencialmente como combustível em nossas mitocôndrias

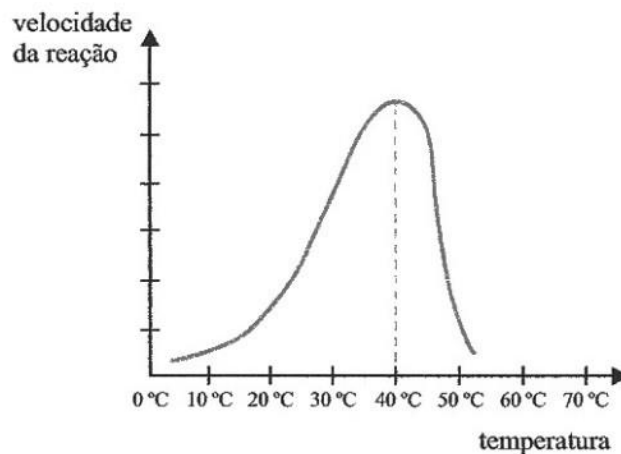
4. Boa parte das proteínas é classificada como enzimas e apresentam papel importante no processo de aumento da velocidade de uma reação química. Sobre as enzimas do corpo humano, é correto afirmar:
- Apresentam capacidade de suportar grandes variações de pH, solubilidade e temperatura sem perder as suas características funcionais.
  - Em geral, uma mesma enzima pode apresentar diferentes aplicações, trabalhando com um grande número de substratos. Essa flexibilidade é dada pela capacidade das enzimas em alterar a sua conformação de acordo com o substrato.
  - As enzimas apresentam alta especificidade com o seu respectivo substrato, devido às características químico-estruturais do sítio de ligação geradas pela estrutura tridimensional da própria enzima.
  - As enzimas apresentam a característica de sinalizarem e desencadear respostas fisiológicas a partir do seu reconhecimento por um receptor. Em geral são produzidas em algum tecido específico, diferente daquele onde se desencadeia a resposta.
  - As enzimas apresentam a capacidade de serem reguladas somente pelos produtos diretamente formados pela sua atividade, em um processo denominado retroalimentação negativa.
5. O funcionamento dos organismos vivos depende de enzimas, as quais são essenciais às reações metabólicas celulares. Essas moléculas:
- possuem cadeias nucleotídicas com dobramentos tridimensionais que reconhecem o substrato numa reação do tipo chave-fechadura.
  - diminuem a energia de ativação necessária à conversão dos reagentes em produtos.
  - aumentam a velocidade das reações químicas quando submetidas a pH maior que 8,0 e menor que 6,0.
  - são desnaturadas em temperaturas próximas de  $0^{\circ}\text{C}$ , paralisando as reações químicas metabólicas.
  - são consumidas em reações metabólicas exotérmicas, mas não alteram o equilíbrio químico.
6. O gráfico a seguir mostra como a concentração do substrato afeta a taxa de reação química:



O modo de ação das enzimas e a análise do gráfico permitem concluir que

- a) todas as moléculas de enzimas estão unidas às moléculas de substrato quando a reação catalisada atinge a taxa máxima.
- b) com uma mesma concentração de substrato, a taxa de reação com enzima é menor que a taxa de reação sem enzima.
- c) a reação sem enzima possui energia de ativação menor do que a reação com enzima.
- d) o aumento da taxa de reação com enzima é inversamente proporcional ao aumento da concentração do substrato.
- e) a concentração do substrato não interfere na taxa de reação com enzimas porque estas são inespecíficas.

7. Enzimas são, na sua grande maioria, proteínas que atuam como catalisadores orgânicos, acelerando reações químicas específicas. A atividade das enzimas sofre influência de alguns fatores, como a elevação da temperatura, que altera a estrutura espacial das moléculas de proteínas. Foi realizada uma experiência com uma enzima digestória bovina para verificar a variação da velocidade de uma reação com o aumento da temperatura do meio em que ocorreu. Com os dados dessa experiência foi construído o seguinte gráfico.



(José Luis Soares. *Biología Básica*, 1988. Adaptado.)

Assinale a alternativa que contém a correta explicação do gráfico.

- a) A velocidade da reação é inversamente proporcional ao aumento da temperatura.
- b) A velocidade da reação aumenta proporcionalmente com o aumento da temperatura.
- c) A velocidade da reação diminui proporcionalmente com o aumento da temperatura.
- d) Existe uma temperatura ótima na qual a velocidade da reação é máxima.
- e) A reação sofre inversão de sentido a partir de determinada temperatura.

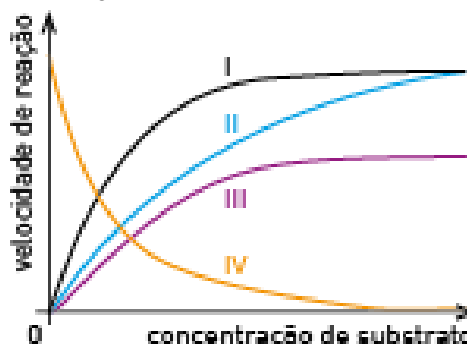
8. Considerando a definição de enzimas, assinale a alternativa correta:

- I. São catalisadores orgânicos, de natureza proteica, sensíveis às variações de temperatura.
  - II. São substâncias químicas de natureza lipídica, sendo consumidas durante o processo químico
  - III. Apresenta uma região chamada área ativa, à qual se adapta a molécula do substrato.
- a) Apenas a afirmativa I é correta.
  - b) Apenas as afirmativas II e III são corretas.
  - c) Apenas as afirmativas I e III são corretas.
  - d) Todas as afirmações são corretas.
  - e) Nenhuma afirmação é correta

9. Existem dois tipos principais de inibidores da atividade de uma enzima: os competitivos e os não competitivos. Os primeiros são aqueles que concorrem com o substrato pelo centro ativo da enzima. Considere um experimento em que se mediu a velocidade de reação de uma enzima em função da concentração de seu substrato em três condições:

- Ausência de inibidores.
- Presença de concentrações constantes de um inibidor competitivo.
- Presença de concentrações constantes de um inibidor não competitivo.

Os resultados estão representados no gráfico abaixo:



A curva I corresponde aos resultados obtidos na ausência de inibidores. As curvas que representam a resposta obtida na presença de um inibidor competitivo e na presença de um não competitivo estão indicadas, respectivamente, pelos seguintes números:

- a) II e IV.
- b) II e III.
- c) III e II.
- d) IV e III.
- e) III e IV.



- 10.** Os sintomas mais sérios da Gripe A, causada pelo vírus H1N1, foram apresentados por pessoas mais idosas e por gestantes. O motivo aparente é a menor imunidade desses grupos contra o vírus. Para aumentar a imunidade populacional relativa ao vírus da gripe A, o governo brasileiro distribuiu vacinas para os grupos mais suscetíveis.

A vacina contra o H1N1, assim como qualquer outra vacina contra agentes causadores de doenças infectocontagiosas, aumenta a imunidade das pessoas porque

- a) possui anticorpos contra o agente causador da doença.
- b) possui proteínas que eliminam o agente causador da doença.
- c) estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea.
- d) possui linfócitos B e T que neutralizam o agente causador da doença.
- e) estimula a produção de anticorpos contra o agente causador da doença.

## Gabarito

---

1. **B**

A função de catalizador das enzimas facilita reações pois consegue diminuir a energia de ativação e acelerar a reação.

2. **C**

As enzimas são altamente específicas em vários quesitos, como temperatura, pH, substrato, e diminuem a energia de ativação necessária para uma reação acontecer.

3. **D**

As proteínas são compostos formados por aminoácidos, e durante a digestão, esses aminoácidos são separados e absorvidos, e só então serão utilizados no nosso metabolismo para formar novas proteínas.

4. **C**

As enzimas são altamente específicas e trabalham somente determinadas condições, sem muitas variações (de pH, temperatura, substrato, entre outros).

5. **B**

As enzimas são proteínas que agem reduzindo a energia de ativação em uma reação química, o que aumenta a sua velocidade. São sensíveis a temperaturas altas e, de um modo geral, têm atividade ótima em valores de pH próximos a 7,0.

6. **A**

A questão aborda a influência da concentração do substrato sob a atividade enzimática. Após um certo valor da concentração do substrato, a velocidade da reação fica constante. Isso significa que todas as enzimas encontram-se ligadas às moléculas de substrato, ou seja, ocorreu uma saturação enzimática.

7. **D**

A questão relaciona a temperatura com a atividade enzimática. A interpretação do gráfico leva à conclusão de que há uma temperatura ótima em que a atividade enzimática é máxima.

8. **C**

Afirmativa II: está errada, as enzimas são de natureza proteica e não são consumidas durante o processo químico.

9. **B**

Inibidores competitivos se parecem com a molécula de substrato e competem pelo centro ativo, impedindo que os substratos entrem nos centros ativos e, com isso, diminuindo a produtividade da enzima. Em concentrações elevadas de substrato, esse tipo de inibição pode ser contornada, pois o inibidor "perde a competição" para o substrato, não havendo alteração na velocidade máxima de reação. Os inibidores não competitivos, por sua vez, impedem as reações enzimáticas, ligando-se em outra parte da molécula. Essa interação provoca mudança no formato da enzima, fazendo com que o centro ativo perca eficiência como catalisador da conversão de substrato em produto. Dessa maneira, a curva de

velocidade de reação em função da concentração de substrato jamais alcançará a mesma velocidade máxima verificada na ausência de inibidor e na presença de inibidor competitivo.

**10. E**

As vacinas possuem antígenos capazes de estimular a produção de anticorpos e células de memória contra determinada doença. O organismo, ao entrar em contato com o antígeno novamente, apresenta uma resposta imunológica mais rápida.