

BIOENERGÉTICA**CONCEITOS INICIAIS**

Todas as células vivas possuem uma elevada organização interna que é composta pela associação de substâncias orgânicas e inorgânicas. O estado de organização interna não é espontâneo nem permanente; e, por ser instável, pode reverter muito facilmente ao estado inanimado. O que mantém as características que diferem o vivo do não-vivo é uma entrada constante de energia. Segundo a **Termodinâmica**, há duas formas de energia: a **energia livre ou utilizável** e a **entropia ou energia não utilizável**. Em qualquer transformação de energia, a energia livre (mais organizada e concentrada) tende a passar para uma forma menos organizada e menos concentrada, a entropia. As células precisam de energia para não se desestruturarem e para promoverem seus processos mecânicos, elétricos, osmóticos, bioquímicos. Mas, ao utilizar esta energia, a célula a desorganiza e dissipa, de modo que não pode voltar a usá-la. Portanto, as células, como unidades metabólicas, precisam de um fluxo de energia exterior que venha de uma fonte até elas. Pela natureza destas fontes, dividimos os seres vivos em **autótrofos** e **heterótrofos**. Os autótrofos têm a capacidade metabólica de sintetizarem, para o seu sustento, moléculas orgânicas a partir de substâncias inorgânicas de baixo peso molecular, como a água e o gás carbônico. A fotossíntese é um exemplo de processo anabólico realizado por seres autótrofos. Os seres heterótrofos não têm esta capacidade metabólica e por isso precisam obter matéria orgânica pronta para sua nutrição.

CATABOLISMO E ANABOLISMO

A degradação de compostos orgânicos com a finalidade de obtenção de energia é denominada **catabolismo**. O catabolismo libera energia química potencial, parte da qual toma a forma de calor. Já o conjunto de reações que sintetizam matéria orgânica e protoplasma é conhecido como **anabolismo**. A síntese de proteínas é exemplo de atividade anabólica importante nos processos de crescimento, substituição tecidual e desenvolvimento do ser vivo. A fotossíntese também é um importantíssimo processo bioquímico anabólico. Um adulto de peso normal consome cerca de 2.500 kcal por dia. Esta energia é necessária para a contração muscular, para o transporte de substâncias e íons através da membrana plasmática, para a produção de proteínas, enzimas e ácidos nucléicos, etc. Por exemplo, a **formação de uma ligação peptídica necessita de 0,5 a 4 kcal de energia**, dependendo dos aminoácidos que serão ligados quimicamente.

Um processo muito generalizado entre os seres vivos (desde bactérias até mamíferos) de obtenção de energia é a oxidação da glicose até dióxido de carbono e água. **Se a glicose fosse queimada num forno, sua total oxidação liberaria 686 kcal/mol**. Nas células, a oxidação da glicose ocorre em etapas, sendo um processo parcelado de degradação. Deste modo, a glicose é quebrada por uma série de reações bioquímicas, envolvendo um quantitativo numeroso de enzimas e produzindo uma série igualmente numerosa de compostos intermediários. Durante a oxidação

da glicose, a energia é transferida para nucleotídeos fosforilados: o **trifosfato de guanosina (GTP)**, o trifosfato de citosina (CTP), o trifosfato de uracila (UTP) e o **trifosfato de adenosina (ATP)**. Destes, o mais importante é o **ATP**. Os outros nucleotídeos fosforilados são convertidos em ATP. **AUTÓTROFOS, HETERÓTROFOS E MIXOTRÓFICOS**

A glicose pode ser obtida de duas maneiras.

Alguns seres vivos **produzem a glicose a partir de matéria inorgânica** e energia adquiridos no meio, sendo, pois, capazes de produzir seus próprios nutrientes. São os **autótrofos**, que podem ser fotossintetizantes (fototróficos) ou quimiossintetizantes (litotróficos).

A maioria dos seres vivos, entretanto, são incapazes de produzir matéria orgânica a partir de matéria inorgânica e energia adquiridos no meio. Nesse caso, só resta a eles **aproveitarem-se dos nutrientes produzidos pelos autótrofos**. São os **heterótrofos** (organotróficos).

Alguns poucos **seres podem obter moléculas orgânicas tanto por produção própria como por aquisição destas no meio**. São os organismos **mixotróficos**, como algumas algas e algumas bactérias.

Uma vez que se obtém nutrientes, se obtém energia. Entretanto, é necessário liberar a energia armazenada nos nutrientes para que ela seja utilizada pelo organismo. Isso é feito através de reações de oxidação dos nutrientes, como a fermentação e a respiração. Todos os seres vivos, autótrofos e heterótrofos, devem utilizar esses processos de obtenção de energia.

TIPOS DE ORGANISMOS QUANTO AO METABOLISMO

Os organismos vivos podem ser classificados em três grupos quanto à sua capacidade de utilização de gás oxigênio.

Seres **anaeróbicos restritos** são aqueles que só realizam metabolismo anaeróbico, de modo que, para eles, o O₂ é venenoso pelo seu grande poder oxidante e pela inabilidade desses organismos em degradá-lo. Isso ocorre em seres como as bactérias *Clostridium tetani* (causadora do tétano) e a *Clostridium botulinum* (causadora do botulismo). Ambas têm por hábito se alojar em ambientes pobres em oxigênio, como objetos enferrujados, no caso do bacilo do tétano, e alimentos em conserva, no caso do bacilo do botulismo.

Já os seres **anaeróbicos facultativos** são aqueles que podem se manter tanto por metabolismo anaeróbico como por respiração aeróbica, podendo, pois, sobreviver em ambientes sem ou com gás oxigênio. Como exemplo, temos a levedura de cerveja, *Saccharomyces cerevisiae*.

Peixes de água profunda e parasitas intestinais vivem sob condições anaeróbicas, de modo que são animais anaeróbicos. Devido ao baixo rendimento energético, seu metabolismo é muito lento.

Por fim, os **seres aeróbicos** são aqueles que dependem do metabolismo aeróbico para sobreviver. Alguns deles podem até realizar processos anaeróbicos, como é o caso da fermentação láctica na musculatura estriada em humanos,

mas não podem se manter vivos apenas com esta atividade. A maioria dos organismos se enquadra neste grupo.

PAPEL DO ATP

O **ATP** é o nucleotídeo trifosfatado mais importante. Ele participa das inúmeras reações e processos metabólicos relacionados à transferência e conversão de tipos de energia. A hidrólise do radical fosfato terminal do ATP, formando difosfato de adenosina (ADP) e fosfato inorgânico, **libera energia livre de 7,3 kcal/mol**, quantidade apropriada para as funções celulares. A energia do ATP é disponibilizada para as células pelo acoplamento da hidrólise desta substância a reações químicas que requeiram energia.

No hialoplasma, existe apenas uma pequena reserva de ATP, de tal maneira que, à medida que ele é utilizado, deve ser repostado por meio de reações que fosforilam o ADP a ATP. Existem dois mecanismos de regeneração do ATP. O primeiro é a **fosforilação pelo nível de substrato**, em que um radical fosfato é transferido para o ADP por um composto intermediário, a fim de formar o ATP. Este tipo de fosforilação pode ocorrer na ausência de oxigênio, condição denominada de metabolismo anaeróbico. Como exemplo deste tipo de fosforilação, temos: a glicólise (primeira etapa da respiração celular) e a fermentação.

O segundo mecanismo de produção de ATP é a **fosforilação oxidativa**, que ocorre nas membranas internas das organelas denominadas mitocôndrias, e que exige a presença de oxigênio molecular. A fosforilação oxidativa produz a maior parte do ATP utilizado pelo organismo. O conjunto das reações que compõem a fosforilação oxidativa é chamado metabolismo aeróbico.

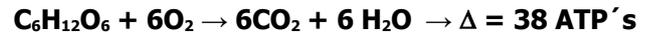
CARREADORES DE ELÉTRONS: NAD E FAD

As reações metabólicas que degradam a glicose e obtêm energia para a célula são do tipo oxidação-redução (também denominada oxirredução). Quando um composto químico (molécula, íon) perde elétron ou hidrogênio, diz-se que houve oxidação. Ao contrário, se uma espécie química ganha elétron ou hidrogênio, observa-se uma redução. A maior parte da energia da glicose é retirada por meio de reações de oxirredução. Nestas reações participam substâncias conhecidas como coenzimas. As mais importantes coenzimas carreadoras de elétrons são o **dinucleotídeo de nicotinamida adenina** e o **dinucleotídeo de flavina adenina**. As formas oxidadas dessas coenzimas são abreviadas por **NAD⁺** e **FAD⁺**; as formas reduzidas são **NADH** e **FADH₂**.

RESPIRAÇÃO CELULAR

É um conjunto de reações de oxirredução para a obtenção de energia a partir de uma fonte energética orgânica e que ocorre obrigatoriamente em todas as células. As reações de oxirredução consistem na transferência de H⁺ de um composto orgânico para outro com desprendimento de energia.

A fonte de energia mais utilizada é a glicose (não a mais energética), os aminoácidos e os ácidos graxos fornecem mais energia, mas são menos utilizados.



O processo de respiração aeróbica se desenvolve em três etapas consecutivas:

Glicólise - ocorre no citoplasma da célula.

Oxidação do Ácido Pirúvico.

Ciclo de Krebs - no interior das mitocôndrias (matriz).

Cadeia respiratória ou Cadeia transportadora de elétrons - interior das mitocôndrias (cristas).

GLICÓLISE

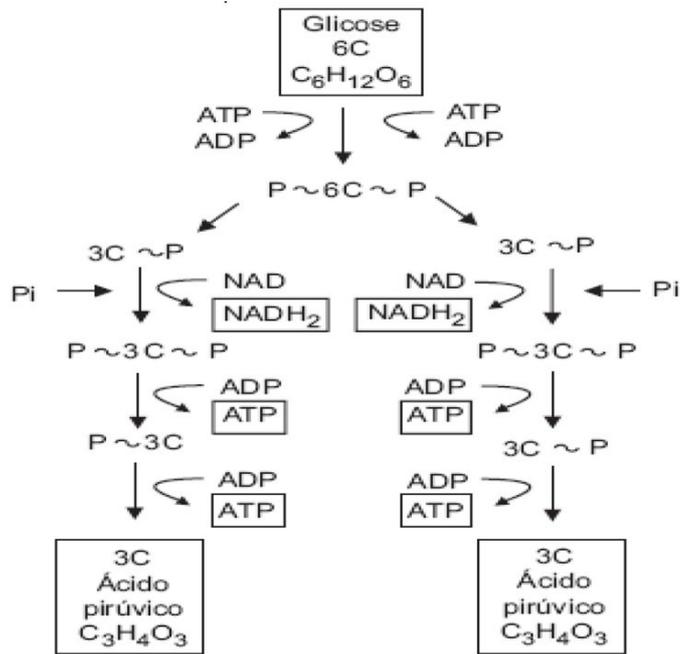
A **primeira via** do metabolismo energético da glicose é a **glicólise**. A glicólise ocorre totalmente por enzimas dissolvidas no citoplasma. Este processo metabólico não exige oxigênio molecular e pode ocorrer na sua ausência. A glicólise produz duas moléculas de ATP (por fosforilação pelo nível de substrato) para cada molécula de glicose consumida. Em geral, nas células, a concentração de glicose é muito menor que a do líquido extracelular. Essa diferença de concentração (= gradiente de concentração) é mantida por regulação homeostática.

Quando as moléculas de glicose adentram no hialoplasma muito rapidamente, vão para a via de oxidação (glicólise) ou são armazenadas sob a forma de glicogênio. Como resultado final, a concentração citoplasmática de glicose é muito baixa, o que faz com que exista sempre um gradiente de concentração que favorece a difusão de glicose para o interior da célula. A glicose é uma molécula muito polar, de modo que, mesmo havendo um gradiente de concentração, ela não atravessa a membrana plasmática. **Na maioria dos tecidos, o transporte de glicose exige a ação do hormônio pancreático insulina**, que regula a entrada de glicose e aminoácidos nas células.

Primeiramente, na glicólise, a molécula de glicose é convertida em glicose-6-fosfato, numa reação dependente do gasto de ATP. A segunda reação é a conversão da glicose-6-fosfato em frutose-6-fosfato, com o gasto de uma segunda molécula de ATP. Nas diversas etapas que seguem, a cadeia de seis carbonos da glicose original é quebrada em dois fragmentos, cada um com três carbonos, as moléculas de gliceraldeído-3-fosfato e estas, por fim, em **duas moléculas de ácido pirúvico ou piruvato**. A conversão de duas moléculas de gliceraldeído em duas de piruvato produz duas moléculas de ATP, duas moléculas de NADH e 56 kcal de calor. Como duas moléculas de ATP foram gastas no início do processo, o resultado efetivo é de duas moléculas de ATP para cada molécula de glicose.

A conversão de um mol de glicose em dois moles de piruvato resulta na produção de dois moles de NADH. Esse NADH deve ser reoxidado para que a glicólise continue.

A seguir um **resumo da glicólise** – etapa citoplasmática de quebra da glicose em 2 moléculas de ácido pirúvico.

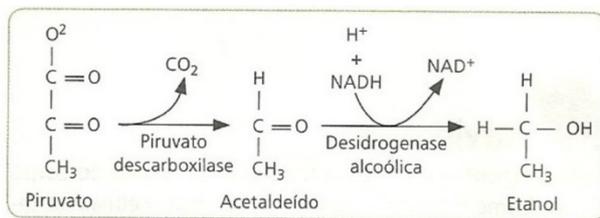


FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

Normalmente realizado por certas bactérias e fungos (ex: *Saccharomyces cerevisiae* / levedo de cerveja ou fermento de padaria), empregado na fabricação de vinhos, cervejas e pão.

Neste processo, **primeiramente o ácido pirúvico da glicólise libera CO₂ e é convertido em etanal**, um aldeído. Este etanal passa a **ceptor final de hidrogênios**, recebendo-os do NADH₂. **Ocorre então a formação de etanol, um álcool (álcool etílico).**

O CO₂ liberado na fermentação alcoólica tem importância comercial. Ele é a base para a ação dos fermentos biológicos de cozinha, um tipo de levedura. Ocorre fermentação de açúcar, com produção de gás carbônico, que se **expande e provoca o inchamento da massa do pão e do bolo** (o aspecto em câmaras da massa do pão é devido a bolhas de gás carbônico na mesma). O álcool liberado na reação, além de em pequenas quantidades, é evaporado pelo forno.

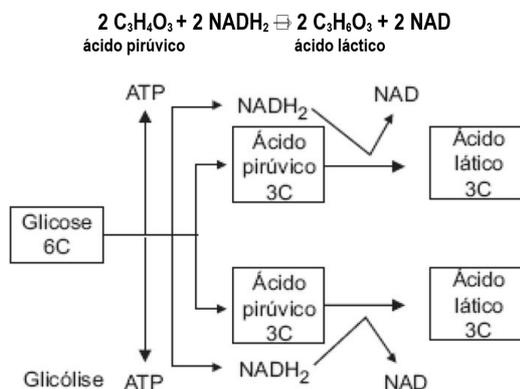


Resumo do processo de Fermentação Alcoólica, onde o ETANAL (acetaldeído) é reduzido a ETANOL.

As leveduras, fungos microscópicos, têm uma grande importância comercial devido à sua capacidade de fermentação alcoólica. Leveduras como *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces carlsbergiensis* são utilizadas na produção de álcool, usado como combustível, antisséptico e na fabricação de bebidas alcoólicas, transformando os açúcares de uva, malte e cana em vinho, cerveja e cachaça, respectivamente.

FERMENTAÇÃO LÁCTICA

Nesta fermentação, o NADH₂ fornece seus hidrogênios ao próprio **ácido pirúvico**, que funciona como **ceptor final de hidrogênios**, passando a ácido láctico.



A **fermentação láctica** é realizada por algumas bactérias, por alguns protozoários, por alguns fungos e por células do tecido muscular.

Quanto mais intensa for a atividade muscular maior será a taxa respiratória e, portanto, maior será a liberação de calor.

A respiração celular aeróbia, intensificada na atividade muscular, resulta no aumento da produção de CO₂; com a maior quantidade de O₂ liberado pela hemoglobina resulta a maior disponibilidade de ATP necessário à contração muscular. **Não havendo disponibilidade adequada de O₂ (condição anaeróbia) para promover oxidação de glicoses, ocorre, então, fermentação láctica.** O acúmulo de ácido láctico acarreta a fadiga muscular. Cessada a atividade e restabelecendo-se as condições de oxigenação, volta o músculo a fazer respiração aeróbia. Dentro de aproximadamente 24 horas, o ácido láctico é removido do músculo e enviado ao fígado, onde é reconvertido em glicose.

Saiba Mais:

Na fermentação láctica temos apenas o ácido láctico como produto, enquanto o NAD é regenerado. Já na fermentação alcoólica libera álcool e CO₂.

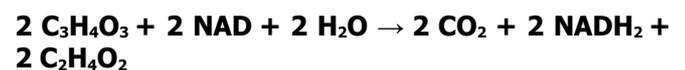
O aceptor final de H⁺ na fermentação láctica é o próprio ácido pirúvico, enquanto que na fermentação alcoólica é o etanal (acetaldeído).

Diferenças fundamentais entre fermentações láctica e alcoólica:

- 1ª) A fermentação láctica libera apenas ácido láctico, enquanto que a fermentação alcoólica libera etanol e CO₂;
- 2ª) O aceptor final de hidrogênios/elétrons na fermentação láctica é o próprio ácido pirúvico, enquanto que na fermentação alcoólica é o etanal (acetaldeído).

FERMENTAÇÃO ACÉTICA

Este tipo de fermentação é realizado por bactérias denominadas **acetobactérias**, produzindo ácido acético e CO₂. A fermentação acética é utilizada na fabricação de vinagre e é **responsável pelo azedamento de vinhos e sucos de frutas**. A equação está descrita abaixo:

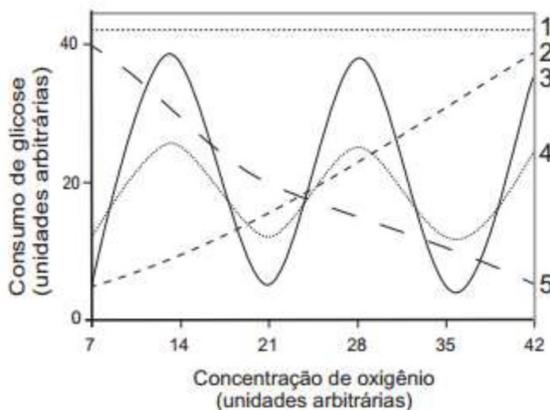


Observe que esta forma de fermentação não regenera o NAD, e sim forma mais NADH₂. É por isso, que os organismos que fazem fermentação acética obrigatoriamente devem ser capazes de fazer também respiração aeróbia, para posteriormente regenerarem o NAD. Por esse motivo, vários autores não a consideram como um processo fermentativo. A fermentação normalmente converte NADH₂ em NAD⁺, promovendo então uma redução do substrato (ceptor final

de elétrons, seja o ácido pirúvico na fermentação láctica ou o etanal na fermentação alcoólica). Assim, a fermentação pode ser descrita como **um processo de redução**. Já a "fermentação" acética converte NAD em NADH₂, promovendo então uma **oxidação do etanal a ácido acético**. Por ser um processo de oxidação, e não de redução.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

01. (ENEM) Normalmente, as células do organismo humano realizam a respiração aeróbica, na qual o consumo de uma molécula de glicose gera 38 moléculas de ATP. Contudo em condições anaeróbicas, o consumo de uma molécula de glicose pelas células é capaz de gerar apenas duas moléculas de ATP.



Qual curva representa o perfil de consumo de glicose, para manutenção da homeostase de uma célula que inicialmente está em uma condição anaeróbica e é submetida a um aumento gradual de concentração de oxigênio?

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

02. (ENEM) Há milhares de anos o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares, chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia. O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da

- liberação de gás carbônico.
- formação de ácido láctico.
- formação de água.
- produção de ATP.
- liberação de calor.

03. (UNIFOR) Você já deve ter ouvido que é comum a produção de ácido láctico nos músculos de uma pessoa, em ocasiões que há esforço muscular exagerado. A quantidade de oxigênio que as células musculares recebem para a respiração aeróbica é insuficiente para a liberação da energia necessária para a atividade muscular intensa. Nessas condições, ao mesmo tempo em que as células musculares

continuam respirando, elas começam a fermentar uma parte da glicose, na tentativa de liberar energia extra.

Fonte:

<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica4.php>. Acesso em 27 out. 2014. (com adaptações)

Considerando o texto acima, sobre a fermentação láctica, marque a alternativa correta.

- A fermentação láctica ocorre em células musculares com o objetivo de reoxidar o NADH em NAD⁺.
- Nas células musculares, o oxigênio é requerido como acceptor final dos elétrons provenientes da fermentação láctica.
- A liberação de energia na fermentação láctica ocorre na reação que metaboliza piruvato em lactato.
- A liberação de energia na fermentação láctica é superior à energia liberada na oxidação da molécula de glicose até CO₂ e H₂O.
- O lactato produzido durante a fermentação láctica é convertido em acetil-CoA com objetivo de liberar energia.

04. (UECE) O reaproveitamento do ácido láctico, produzido pela fermentação láctica, que acontece durante a contração muscular intensa, se dá, principalmente, no(a) _____ por meio do processo de _____. Os termos que preenchem corretamente as lacunas são, respectivamente:

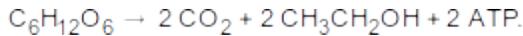
- rim e glicólise.
- fígado e gliconeogênese.
- pâncreas e neoglicogênese.
- baço e glicopoese.

05. (FUVEST) A lei 7678 de 1988 define que "vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura". Na produção de vinho, são utilizadas leveduras anaeróbicas facultativas. Os pequenos produtores adicionam essas leveduras ao mosto (uvas esmagadas, suco e cascas) com os tanques abertos, para que elas se reproduzam mais rapidamente. Posteriormente, os tanques são hermeticamente fechados. Nessas condições, pode-se afirmar, corretamente, que

- o vinho se forma somente após o fechamento dos tanques, pois, na fase anterior, os produtos da ação das leveduras são a água e o gás carbônico.
- o vinho começa a ser formado já com os tanques abertos, pois o produto da ação das leveduras, nessa fase, é utilizado depois como substrato para a fermentação.
- a fermentação ocorre principalmente durante a reprodução das leveduras, pois esses organismos necessitam de grande aporte de energia para sua multiplicação.
- a fermentação só é possível se, antes, houver um processo de respiração aeróbica que forneça energia para as etapas posteriores, que são anaeróbicas.
- o vinho se forma somente quando os tanques voltam a ser abertos, após a fermentação se completar, para que as leveduras realizem respiração aeróbica.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (FUVEST 2018) A levedura *Saccharomyces cerevisiae* pode obter energia na ausência de oxigênio, de acordo com a equação



Produtos desse processo são utilizados na indústria de alimentos e bebidas. Esse processo ocorre _____ da levedura e seus produtos são utilizados na produção de _____.

As lacunas dessa frase devem ser preenchidas por:

- nas mitocôndrias; cerveja e vinagre.
- nas mitocôndrias; cerveja e pão.
- no citosol; cerveja e pão.
- no citosol; iogurte e vinagre.
- no citosol e nas mitocôndrias; cerveja e iogurte.

02. (CFTMG 2018) Bebidas alcoólicas, como a cerveja e o vinho, são produzidas graças à fermentação realizada pelos fungos conhecidos como leveduras, na ausência de oxigênio. Esse processo energético também é o responsável pela produção de

- pães.
- gasolina.
- macarrão.
- sabonetes.

03. (CFTMG 2018) Durante a atividade física, o glicogênio muscular é catabolizado, formando moléculas de glicose que, pela respiração celular, serão quebradas em CO_2 e H_2O com consequente liberação de energia na forma de ATP. Porém, quando o exercício físico se torna muito exaustivo e/ou vigoroso, a quebra da glicose não acontece totalmente.

Disponível em:

<http://globoesporte.globo.com/atletismo/corrída-de-rua/noticia/2011/09/glicogenio-muscular.html>. Acesso: 20 out. 2017 (adaptado).

Nessa condição, a degradação completa da glicose fica impedida porque o ambiente celular apresenta limitações na quantidade de

- ATP.
- água.
- oxigênio.
- gás carbônico.

04. (UFRGS 2017) O ATP atua como um tipo de “moeda energética”. Considere as seguintes afirmações sobre essa molécula.

I. A molécula é um nucleotídeo composto por uma base nitrogenada, uma ribose e um grupo trifosfato.

II. A hidrólise da molécula libera energia livre que pode ser utilizada no transporte ativo.

III. A síntese da molécula pode ocorrer na ausência de oxigênio, quando a glicólise é seguida pela fermentação.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

05. (CFTRJ 2017) Já atingimos os limites atléticos do corpo humano?

“Nos Jogos Olímpicos desse ano, no Rio, o homem mais rápido do mundo, **Usain Bolt** – um jamaicano de mais de 1,90m e detentor de seis medalhas de ouro e de passos vigorosos como os de uma gazela – tentará quebrar seu próprio recorde mundial de 9,58 segundos na corrida dos 100 metros. Se conseguir, alguns cientistas acreditam que ele talvez encerre os recordes da categoria para sempre.

Enquanto inúmeras técnicas de treino e tecnologias continuam a quebrar as barreiras dos atletas, e ainda que força, velocidade e outros traços físicos tenham melhorado continuamente desde que os humanos começaram a catalogar essas coisas, o ritmo lento no qual recordes esportivos estão sendo quebrados atualmente faz pesquisadores especularem se já estamos nos aproximando de nosso limite fisiológico coletivo – isto é, que nosso alcance atlético está dando de frente com uma parede de tijolos biológica.

[...] A resposta para um desempenho atlético aperfeiçoado talvez esteja na “casa de força” das células [...].”

Scientific American Brasil.

No texto acima, a expressão “casa de força” das células se refere:

- às mitocôndrias que através do catabolismo e em anaerobiose produzem grande quantidade de energia.
- às mitocôndrias que através do catabolismo e em aerobiose produzem grande quantidade de energia.
- às mitocôndrias que através do anabolismo e em anaerobiose produzem grande quantidade de energia.
- às mitocôndrias que através do anabolismo e em aerobiose produzem grande quantidade de energia.

06. (UEFS 2017)

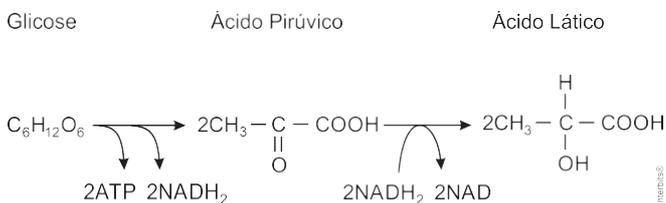
Tipo de fermentação	Produto final	Exemplos
ALCOÓLICA	Álcool etílico (etanol)	Leveduras (fabricação de vinhos, pão e cerveja)
LÁCTICA	Álcool láctico	Bactérias (fabricação de iogurte)
ACÉTICA	Álcool acético	Bactérias (fabricação do vinagre a partir do vinho)
BUTÍRICA	Álcool <u>butírico</u>	<u>Bactérias</u> (alteram a manteiga)

Na tabela apresentada, notam-se variações de fermentação com algumas características.

A partir dessa observação e com os conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar:

- Independente do tipo de fermentação, essa ocorrerá, na ausência de oxigênio, no interior de organelas membranosas.
- Na fermentação, ocorrerá, invariavelmente, a descarboxilação da molécula orgânica.
- A fermentação é realizada apenas por organismos procariontes.
- O aceptor final de hidrogênio na fermentação será um composto inorgânico.
- O produto final é energético por ter sido originado de uma quebra parcial da molécula orgânica.

07. (PUCRJ 2017)



Qual processo é indicado pela reação acima?

- Fermentação realizada por células musculares.
- Glicólise realizada por células eucarióticas.
- Respiração aeróbica por células animais.
- Fermentação realizada por leveduras.
- Glicólise realizada por bactérias.

08. (UCS 2017) Em alguns treinos de atletas de alto rendimento, é necessário monitorar anaerobicamente o trabalho dos músculos. Uma das maneiras de fazer isso é medir, nos músculos, o aumento de

- ATP.
- ácido láctico.
- CO_2 .
- creatina.
- ADP.

09. (IFBA 2017) Muitos dizem que **Usain Bolt** não corre, voa. Ou que o jamaicano não é de carne e osso.

Eis as explicações de John Brewer, diretor da Escola de Saúde Esportiva e Ciências Aplicadas da Universidade de St. Mary's, na Inglaterra:

Muitos nem se preocupam em respirar, já que isso os tornaria mais lentos. E nesta alta intensidade o oxigênio não importa.

[...]

Ele criou uma alta porcentagem de energia anaeróbica, o que resulta em falta de oxigênio.

Por isso vemos que ele, como os outros atletas, respira profundamente.

A frequência cardíaca começa a baixar e a se estabilizar, mas o ácido láctico se deslocará dos músculos ao sangue, o que pode causar tonturas e náuseas.

Mas, claro, Bolt está eufórico e parece com bastante energia.

Isso ocorre pela liberação de endorfina, o ópio natural do corpo, (...) que permite a Bolt aproveitar sua nova façanha olímpica.



A diferença é que 80% da musculatura de Usain Bolt é composto por 'fibras rápidas'

Considerando-se o alto desempenho do atleta **Usain Bolt** e as vias metabólicas de obtenção de energia por parte do organismo, podemos avaliar para esta situação que:

- A respiração celular como via exclusiva de obtenção de energia, degrada completamente a molécula orgânica com maior aproveitamento energético, condição que possibilita o êxito do atleta.
- A fermentação láctica como estratégia de obtenção de energia, leva o organismo a consumir maior quantidade de matéria orgânica para compensar a ausência do oxigênio no processo.
- A fermentação láctica como a via metabólica utilizada, leva a náuseas e tonturas em virtude do álcool etílico produzido.
- A ausência de mitocôndrias nos músculos do atleta favorece o processo da fermentação láctica, pois serve como estratégia que aumenta suas chances de melhor desempenho.
- O elevado número de mitocôndrias nos músculos do atleta favorece a grande disponibilidade de energia por parte dessas organelas que realizam a respiração celular.

10. (ENEM 2017) Em razão da grande quantidade de carboidratos, a mandioca tem surgido, juntamente com a cana-de-açúcar, como alternativa para produção de bioetanol. A produção de álcool combustível utilizando a mandioca está diretamente relacionada com a atividade metabólica de microrganismos.

disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 28 out. 2015 (adaptado).

O processo metabólico envolvido na produção desse combustível é

- respiração.
- degradação.
- fotossíntese.
- fermentação.
- quimiossíntese.

11. (FAC. ALBERT EINSTEIN - MEDICINA 2016)

Troels Prael, mestre cervejeiro e microbiólogo da distribuidora de lêvedo White Labs, está diante de quatro copos de cerveja. Entre um gole e outro, ele descreve cada uma. (...) As cores das cervejas são tão diferentes quanto seus sabores, variando de dourado enevoado a âmbar transparente. (...) Após milhares de anos de domesticação involuntária, os lêvedos – os micro-organismos que fermentam grãos, água e lúpulo para que se transformem em cerveja – são tão distintos quanto a bebida que produzem.

(THE NEW YORK TIMES INTERNATIONAL WEEKLY, 10/junho/2014)

As afirmações abaixo estão relacionadas direta ou indiretamente com o texto. Assinale a INCORRETA.

- Lêvedos ou leveduras realizam o processo de fermentação alcoólica, no qual há liberação de gás carbônico.
- Lêvedos ou leveduras realizam o processo de fermentação alcoólica, no qual há produção de etanol e de ATP.
- Aromas e cores diferentes de cerveja devem-se a diferentes processos de fermentação que ocorrem nos cloroplastos das células de cada variedade específica de lêvedo.
- Aromas e cores diferentes de cerveja devem-se a diferenças na sequência de bases nitrogenadas do DNA dos vários tipos de lêvedos utilizados.

12. (PUCPR 2016) Leia o texto a seguir:**A espuma da cerveja**

A cerveja é produzida a partir da fermentação de cereais, principalmente da cevada maltada. Acredita-se que tenha sido uma das primeiras bebidas alcoólicas criadas pelo homem. Atualmente, é a terceira bebida mais consumida no mundo, logo depois da água e do chá. A espuma da cerveja, também chamada de colarinho ou creme, tem um papel fundamental na apreciação adequada da bebida, começando pelo visual: a espuma deve ser consistente e formada por bolhas pequenas. Ela protege o líquido de entrar em contato com o ar, o que evita, principalmente, que o oxigênio do ar cause oxidação da cerveja (deixando com um sabor desagradável). Além disso, também evita que a cerveja esquente e que os compostos aromáticos volatilizem rapidamente, o que ajuda a reter os aromas durante toda a degustação.

Sobre a ação biológica que ocorre na formação da cerveja, analise as afirmativas a seguir:

- A fermentação dos cereais utilizados ocorre por ação bacteriana.
- A espuma ou colarinho da cerveja é formada pela liberação de gás carbônico resultante da respiração do microrganismo.
- A degradação dos açúcares presentes resulta na formação de oxigênio e de álcool.
- O microrganismo envolvido é certamente unicelular.

Das afirmativas acima, são CORRETAS.

- Apenas I, II e IV.
- Apenas I e II.
- Apenas II e IV.
- Apenas III, IV.
- Apenas I e III.

13. (IFCE 2016) O processo de fermentação é uma atividade biológica que os seres humanos utilizam para a produção de alimentos há bastante tempo, mesmo antes da industrialização. Sobre esse tema, é correto afirmar que

- a cachaça e o álcool combustível são obtidos pela fermentação dos açúcares presentes na cana.
- a fermentação é um tipo de respiração que consome O_2 livre.
- bactérias, vírus e protozoários são frequentemente utilizados pela indústria para a produção de alimentos.
- bebidas lácteas e queijos são produzidos a partir da fermentação láctica e alcoólica, respectivamente.
- O trifosfato de adenosina (ATP), liberado durante a fermentação da farinha de trigo, faz com que o pão cresça.

14. (UECE 2016) Profundamente relacionado à história e à cultura de diferentes povos, o vinho é uma das bebidas alcoólicas mais antigas do mundo. Sobre sua fermentação, fase do processo produtivo em que o suco de uva se transforma em bebida alcoólica, é correto afirmar que

- é um processo que compreende um conjunto de reações enzimáticas, no qual ocorre a liberação de energia, por meio da participação do oxigênio.
- diferentemente do que acontece na respiração, a glicose é a molécula primordialmente utilizada como ponto de partida para a realização do processo de fermentação.
- o vinho é produzido por bactérias denominadas leveduras que, por meio da fermentação alcoólica, produzem o álcool dessa bebida.
- embora pequena quantidade da energia contida na molécula de glicose seja disponibilizada (apenas 2 ATP), a fermentação é fundamental para que os microrganismos realizem suas atividades vitais.

15. (PUCRJ 2016) A glicólise inicia o metabolismo da glicose e produz duas moléculas de piruvato. Sobre essa rota metabólica, analise as afirmativas abaixo.

- Um dos produtos da glicólise é adenosina trifosfato (ATP).
- A glicólise é uma rota metabólica exclusiva de organismos eucariontes.
- A glicólise reduz duas moléculas de NAD^+ para cada molécula de glicose processada.

Está correto o que se afirma em:

- apenas I.
- apenas II.
- apenas I e III.
- apenas II e III.
- I, II e III.

16. (FEEVALE 2016) As atividades dos organismos vivos exigem energia obtida nas reações de respiração aeróbica ou fermentação. Sobre estes dois processos, afirmam-se:

- I. O processo de fermentação ocorre inteiramente no citoplasma celular e a respiração aeróbica, exclusivamente nas mitocôndrias.
- II. A fermentação resulta da atividade de alguns micro-organismos, como leveduras e bactérias. No homem, as células musculares também podem realizar o processo fermentativo.
- III. A fermentação apresenta um rendimento em ATP maior em relação à respiração aeróbica, em que a molécula de glicose é totalmente quebrada e oxidada, até se transformar em CO_2 e H_2O .

Marque a alternativa correta.

- a) Apenas a afirmação I está correta.
- b) Apenas a afirmação II está correta.
- c) Apenas a afirmação III está correta.
- d) Apenas as afirmações I e II estão corretas.
- e) Apenas as afirmações II e III estão corretas.

17. (UDESC 2015) Toda energia para a manutenção dos seres vivos tem origem a partir da degradação de moléculas orgânicas. No entanto, nos seres vivos, esta degradação não transfere a energia diretamente para os processos celulares, e sim para uma molécula que é utilizada em diferentes processos metabólicos das células.

Assinale a alternativa que contém o nome da molécula utilizada nos processos metabólicos celulares.

- a) trifosfato de adenosina
- b) glicose
- c) glicídio
- d) gliucagon
- e) glicina

18. (UFMS 2015) Revendo a história da alimentação, verifica-se que opão se tornou um alimento-símbolo.

Na fabricação de alguns pães, adiciona-se fermento químico ou biológico para a massa expandir-se e tornar-se macia. Isso acontece devido à produção de

- a) oxigênio
- b) ácido pirúvico.
- c) gás carbônico.
- d) ácido láctico.
- e) açúcares.

19. (UERJ 2014) Laudos confirmam que todas as mortes na Kiss ocorreram pela inalação da fumaça:

Necropsia das 234 vítimas daquela noite revela que todas as mortes ocorreram devido à inalação de gás cianídrico e de monóxido de carbono gerados pela queima do revestimento acústico da boate.

Adaptado de ultimosegundo.ig.com.br, 15/03/2013.

Os dois agentes químicos citados no texto, quando absorvidos, provocam o mesmo resultado: paralisação dos músculos e asfixia, culminando na morte do indivíduo.

Com base nessas informações, pode-se afirmar que tanto o gás cianídrico quanto o monóxido de carbono interferem no processo denominado:

- a) síntese de DNA
- b) transporte de íons
- c) eliminação de excretas
- d) metabolismo energético

20. (UFMS 2014) Os princípios básicos da fabricação artesanal ou industrial do vinho são simples e utilizam o "trabalho" de certos fungos (*Saccharomyces*): o suco da uva, rico em açúcares, constitui-se no meio ideal para o crescimento das leveduras (ou fermentos), fungos microscópicos. Nesse processo, ao aproveitarem os açúcares, as leveduras liberam CO_2 e álcool etílico, dando continuidade à obtenção da bebida.

Esse pequeno resumo do processo de fabricação do vinho traz informações sobre o(a)

- a) espécie de fungo envolvida na obtenção do vinho em questão.
- b) associação harmoniosa entre os fungos e a uva, com benefícios mútuos.
- c) parasitismo das leveduras, que leva à obtenção da bebida.
- d) organização corporal desse tipo de fungo, com formação de corpos frutíferos, por exemplo.
- e) processo de nutrição heterotrófica das leveduras.

GABARITOS E PADRÕES DE RESPOSTAS**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM**

- 01.
- 02.
- 03.
- 04.
- 05.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO**01. [C]**

O processo de fermentação alcoólica é anaeróbico, citosólico e produz o dióxido de carbono que estufa a massa do pão e o etanol, utilizado na produção de bebidas alcoólicas.

02. [A]

A fermentação alcoólica é realizada por fungos que quebram carboidratos para obtenção de energia, na ausência de oxigênio, liberando gás carbônico e álcool etílico. É um processo utilizado para a produção de pães e bebidas alcoólicas.

03. [C]

Quando o exercício físico é muito intenso, a quantidade de oxigênio que as células musculares recebem é insuficiente para catalisar totalmente as moléculas de glicose, o que gera um baixo aproveitamento do seu potencial energético, produzindo menos ATP.

04. [E]

Todos os itens estão corretos e relacionados à molécula de ATP (adenina trifosfato).

05. [B]

As mitocôndrias são organelas celulares presentes em eucariontes responsáveis pela produção de maior parte da energia celular através do processo de respiração celular. A respiração celular é o processo de oxidação de moléculas orgânicas, ou seja, degradação (catabolismo) onde a maior parte da energia é gerada na fosforilação oxidativa que é dependente de oxigênio (aerobiose).

06. [E]

Os produtos finais das fermentações são álcoois energéticos por terem sido originados de uma quebra parcial de moléculas orgânicas.

07. [A]

A fermentação láctica é o processo metabólico que converte glicose em ácido láctico realizado por algumas espécies de bactérias, nas hemácias e nas fibras musculares em geral.

08. [B]

Durante exercícios físicos muito intensos, a quantidade de oxigênio que chega aos músculos pode não ser suficiente para suprir as necessidades respiratórias das fibras

musculares, que passam a produzir ATP através da fermentação láctica,

12. [C]

Incorreta. A fermentação dos cereais utilizados ocorre por ação de leveduras, micro-organismos do Reino Fungi.

Correta. As leveduras, através da respiração anaeróbica ou fermentação, liberam gás carbônico, formando a espuma da cerveja.

Incorreta. A degradação dos açúcares resulta na formação de gás carbônico e álcool.

Correta. O microrganismo é um fungo unicelular, conhecido como levedura.

13. [A]

A fermentação é um processo de produção de energia (ATP), iniciando-se com a quebra de glicose, açúcar presente no citosol das células, produzindo diversos produtos, como cachaça, álcool combustível, iogurtes e queijos. A fermentação ocorre na ausência de oxigênio. Bactérias e fungos são frequentemente utilizados na indústria alimentícia. A fermentação láctea é responsável pela produção de bebidas lácteas e queijos, enquanto que a fermentação alcoólica produz bebidas alcoólicas, combustível e pães. O pão cresce pela liberação de gás carbônico.

14. [D]

Durante a produção do vinho são utilizadas as leveduras. Esses fungos unicelulares realizam a fermentação alcoólica, cujo rendimento energético é igual a 2 ATP por mol de glicose fermentada, sendo suficiente para que os micro-organismos realizem suas atividades vitais.

15. [C]

A glicólise é uma via metabólica comum a organismos eucariontes e procariontes, ocorre no citoplasma da célula.

16. [B]

O processo de fermentação ocorre no citoplasma, mas a respiração ocorre parte no citoplasma e parte nas mitocôndrias. A fermentação produz menos ATP em relação à respiração aeróbica e pode resultar da atividade de alguns micro-organismos e células musculares de seres humanos.

17. [A]

O ATP (trifosfato de adenosina) armazena a energia liberada na degradação dos compostos orgânicos e a disponibiliza para o trabalho celular.

18. [C]

Durante o processo de fermentação da massa do pão ocorre a liberação de gás carbônico, o qual estufa a massa.

19. [D]

Os gases cianídrico e monóxido de carbono atuam, respectivamente, bloqueando a cadeia respiratória mitocondrial e dificultando o transporte do oxigênio pela hemoglobina.

20. [E]

As leveduras são fungos unicelulares e microscópicos com nutrição heterotrófica. São organismos aeróbicos facultativos, porque conseguem sobreviver em ambientes pobres em oxigênio. Elas produzem ATP a partir da fermentação anaeróbica da glicose.