

Biologia

Por dentro da bioenergética

Respiração Celular ATP Fermentação



Professor **Landim**



PROFESSOR
FERRETTO

Aula 01:

Bioenergética

Sumário

1. Introdução à Respiração Celular e ATP	3
2. Respiração Aeróbica x Respiração Anaeróbica	6
3. Glicólise e Fermentação	8
4. Fermentação Láctica	11
5. Fermentação Alcoólica	14
6. Bebidas Fermentadas, Destiladas e Metanol	16
7. Etanol de 1ª e 2ª Geração	19
8. Revisão Relâmpago	21
Questões para fixar	24

1: Introdução à Respiração Celular e ATP

Bora começar a nossa jornada pela Bioenergética!

Esse bloco de aulas é sobre como os seres vivos obtêm e usam energia, e esse tema cai MUITO no ENEM e nos vestibulares, geralmente misturado com Ecologia, Química e até questões de saúde.

Venha conosco, pois vamos explorar o assunto com calma, passo a passo.

1.1: O que é Respiração Celular?

A respiração celular é a quebra (oxidação) de matéria orgânica, principalmente a glicose, com o objetivo de liberar energia (ATP) para a célula funcionar. A equação básica é essa:



Abaixo, especificação da respiração celular.

- **Catabólica** (quebra moléculas grandes em moléculas menores).
- **Exotérmico** (libera energia).
- **Com glicose como substrato principal:** mas também podem ser usados outros carboidratos, lipídios e proteínas.

💡 MACETE PARA A PROVA:

Pense na respiração celular como o motor flex do seu corpo. Assim, ele aceita vários “combustíveis” diferentes (glicose, lipídios, proteínas), mas o combustível preferido é a glicose, tal como o motor flex prefere etanol ou gasolina dependendo da eficiência.

Substâncias biodegradáveis

É um conceito que volta com tudo nas aulas de Ecologia. Assim, importante lembrar que substâncias biodegradáveis são aquelas que podem servir de combustível na respiração celular de algum ser vivo (geralmente bactérias).

Para isso, elas precisam ser, obrigatoriamente, moléculas orgânicas, isto é, formadas fundamentalmente por carbono.

Exemplo clássico de prova: o petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos (moléculas orgânicas), por isso pode servir de combustível para bactérias “comedoras de petróleo”.

Biorremediação

É o uso de seres vivos (geralmente bactérias) para destruir poluentes do ambiente. O exemplo mais cobrado é justamente o uso de bactérias devoradoras de petróleo, citado acima, para limpar vazamentos de óleo no mar.

✅ RESUMO RÁPIDO:

- Respiração celular = quebra (oxidação) de matéria orgânica para liberar energia.
- Processo catabólico e exotérmico.
- Substância biodegradável = molécula orgânica usada como combustível por algum ser vivo.
- Biorremediação = uso de seres vivos para remover poluentes (ex.: bactérias que “comem” petróleo).

1.2: Por que a glicose é quebrada em ATP?

Quando a glicose é totalmente quebrada, ela libera 686 kcal/mol de energia.

Acredite, isso é MUITA energia!

Para você ter uma ideia, se essa energia fosse liberada de forma completa e instantaneamente, a célula seria literalmente destruída (“pegaria fogo”).

Não por menos, a natureza criou um sistema inteligente para evitar danos à célula.

Por isso, a energia da glicose é transferida, aos poucos, para até 38 “pacotinhos de energia” chamados ATP (Adenosina Trifosfato). Cada ATP libera 7,3 kcal/mol.

As duas grandes vantagens de “fracionar” a energia em ATPs

1. Liberação gradual de energia, evitando, assim, danos à célula (a energia não é liberada de uma vez só, o que poderia ser letal).
2. Uso da energia em vários processos diferentes. Dessa forma, em vez de gastar a toda glicose numa única reação, a célula usa um ATP por vez em reações distintas, reduzindo desperdício.

MACETE PARA A PROVA:

Analogia da nota de R\$ 100: imagine que você precisa pagar uma conta de R\$ 2,00 com uma nota de R\$ 100,00 e o vendedor não tem troco. Você perderia R\$ 98,00! É melhor trocar a nota de R\$ 100 em notas de R\$ 5 e usar só uma. Da mesma forma, em vez de “gastar” a glicose inteira (686 kcal) numa reação que precisa de pouca energia (ex.: ligação peptídica = 4 kcal/mol), a célula “troca” a glicose em ATPs de 7,3 kcal/mol e usa só o necessário, desperdiçando muito menos.

A “conta que não fecha” e a 2ª Lei da Termodinâmica

A Glicose fornece 686 kcal/mol, mas 38 ATPs fornecem apenas $38 \times 7,3 \approx 280$ kcal/mol. Para onde vai o resto?! A diferença (≈ 400 kcal/mol) é perdida na forma de calor.

Energia da glicose	686 kcal/mol
Energia aproveitada (ATPs)	≈ 280 kcal/mol
Energia perdida como calor	≈ 400 kcal/mol
Rendimento	$\approx 40\%$

Só para lembrar, a 2ª Lei da Termodinâmica também é aquela que nos prova que aqueles vídeos nas mídias sociais de motores que funcionam por conta própria não existem. Pois nenhum processo consegue converter toda energia em trabalho.

Sempre há uma perda em forma de calor. Essa perda, portanto, não é “culpa” da Biologia, mas sim da 2ª Lei da Termodinâmica.

Frise-se, portanto, que toda vez que energia é transferida ou transformada de um sistema para outro, parte dela se perde como calor. Isso é inevitável, por conseguinte.

MACETE PARA A PROVA:

Comparação que cai em prova: as melhores máquinas feitas pelo homem têm rendimento de cerca de 10% (perdem 90% como calor). A respiração celular tem rendimento de cerca de 40% (perde 60%), ou seja, é MUITO mais eficiente que qualquer máquina inventada pelo ser humano!

PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

Muita gente acha que o calor liberado é “desperdício total”. Errado: esse calor é fundamental para manter a temperatura corporal, garantindo que as enzimas do organismo funcionem na temperatura ideal.

1.3: A molécula de ATP

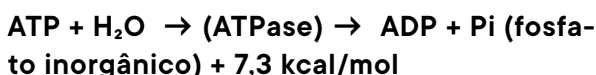
ATP é um nucleotídeo (adenosina trifosfato), é a principal molécula transportadora e fornecedora de energia nas células. O ATP é formado por:

Parte do ATP	O que é
Adenina	Base nitrogenada
Ribose	Pentose (açúcar de 5 carbonos)
3 grupos fosfato	Ligados entre si por ligações de alta energia (fosfoanidra)

A energia do ATP fica armazenada justamente nas ligações entre os grupos fosfato, chamadas de ligações fosfoanidra ou ligações de alta energia.

Hidrólise do ATP (quebrando 1 ligação)

Para usar a energia do ATP, a célula faz a hidrólise (reação com água), usando enzimas chamadas ATPases:



Hidrólise dupla (quebrando 2 ligações de uma vez)

É mais raro, mas pode acontecer em reações que exigem muita energia. Nesse caso, a enzima é a AMP transferase:



Note que $14,6 = 7,3 + 7,3$ ou seja, são as duas ligações de alta energia sendo quebradas de uma só vez.

🚩 PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

“Se quebrar ligação consome energia, por que a hidrólise do ATP LIBERA energia?” Essa é uma armadilha clássica! Na verdade, a quebra da ligação fosfoanidra em si **CONSOME** energia (energia de ativação), exatamente como a Química ensina. Porém, os produtos (ADP + Pi) são menos energéticos que os reagentes (ATP + H₂O). Como a energia final é menor que a inicial, o H da reação como um todo é negativo, ou seja, a reação completa é exotérmica (libera energia), mesmo que a quebra da ligação isoladamente consuma energia.

✅ RESUMO RÁPIDO:

- ATP = nucleotídeo formado por adenina + ribose + 3 fosfatos.
- Hidrólise de 1 ligação: $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi} + 7,3 \text{ kcal/mol}$ (enzima: ATPase).
- Hidrólise de 2 ligações: $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AMP} + \text{PPi} + 14,6 \text{ kcal/mol}$ (enzima: AMP transferase).
- A reação como um todo é exotérmica ($H < 0$), mesmo que a quebra da ligação isolada consuma energia.

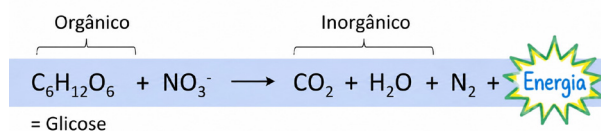
2: Respiração Aeróbica x Respiração Anaeróbica

Agora que entendemos o ATP, vamos ver os tipos de respiração celular.

Essa parte é a base para entender fermentação, e cai bastante em questões que cruzam Biologia com Ecologia (ciclo do nitrogênio) e Microbiologia.

2.1: Respiração Aeróbica

Usa o O_2 (oxigênio) como agente oxidante.



Função do O_2 : agente oxidante, promove a oxidação TOTAL da matéria orgânica.

Resultado da oxidação total: produtos somente inorgânicos (CO_2 e H_2O).

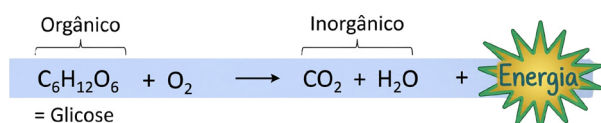
Consequência: extrai o MÁXIMO de energia possível $\rightarrow$ alto saldo energético $\rightarrow$ até 38 ATPs por glicose.

2.2: Respiração Anaeróbica

Não usa O_2 . Existem dois grandes exemplos cobrados em prova: a desnitrificação e a fermentação.

2.2.1: Desnitrificação

Processo importante do ciclo do nitrogênio (Ecologia). Usa nitrato (NO_3) como agente oxidante:

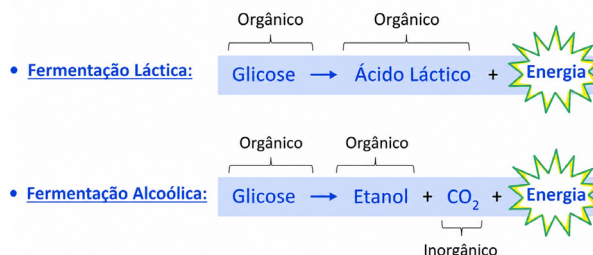


- **Função do nitrato:** agente oxidante $\rightarrow$ oxidação TOTAL da matéria orgânica.

- **Resultado:** produtos inorgânicos (CO_2 , H_2O , N_2).
- **Saldo energético:** alto, mas menor que os 38 ATPs da respiração aeróbica.

2.2.2: Fermentação

- **Resultado:** produtos ainda orgânicos (ex.: ácido láctico, etanol).
- **Saldo energético:** baixo, apenas 2 ATPs por glicose.



💡 MACETE PARA A PROVA:

Observe que, ainda que a fermentação alcoólica produza CO_2 (inorgânico), ela ainda é considerada oxidação parcial, porque também gera um produto orgânico (etanol). Toda vez que sobra produto orgânico, é oxidação incompleta e saldo baixo de energia (2 ATP/glicose).

2.3: Comparando Respiração Aeróbica x Fermentação

Característica	Respiração Aeróbica	Fermentação
Agente oxidante	Sim (O_2)	Não
Tipo de oxidação	Total (completa)	Parcial (incompleta)
Produtos	Somente inorgânicos ($CO_2 + H_2O$)	Ainda orgânicos (ác. láctico ou etanol)
Saldo energético	Alto (até 38 ATP/glicose)	Baixo (2 ATP/glicose)

2.4: Tipos de Seres Vivos quanto à Respiração Celular

2.4.1: Anaeróbicos Estritos (ou Restritos)

- Só fazem respiração anaeróbica; NÃO conseguem metabolizar/destruir o O_2 .
- Para eles, O_2 é LETAL (promove morte por oxidação, pois o O_2 é um agente oxidante forte).
- Só sobrevivem em ambientes sem O_2 livre.

Exemplos de ambientes sem O_2 livre: objetos enferrujados (o Oxigênio está “preso” nos óxidos de ferro da ferrugem) e alimentos enlatados.

Bactéria	Doença causada	Onde se encontra
<i>Clostridium tetani</i>	Tétano	Objetos enferrujados (terra, pregos, etc.)
<i>Clostridium botulinum</i>	Botulismo (potencialmente fatal)	Alimentos enlatados contaminados

PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

Atenção! Lata de enlatado estufada = NUNCA consuma!

A lata estufa por causa do CO_2 liberado na respiração anaeróbica de bactérias dentro da lata.

Pode ser a *Clostridium botulinum* (causa botulismo, com risco de morte) ou bactérias decompositoras comuns (e aí o alimento simplesmente está estragado e pode causar uma diarreia daquelas). Em qualquer dos casos: jogue fora, não arrisque.

2.4.2: Anaeróbicos Facultativos

- Conseguem fazer TANTO respiração aeróbica QUANTO anaeróbica.
- Vivem em ambientes com ou sem O_2 .
- **Exemplos:** *Lactobacillus* (com fermentação láctica) e leveduras (com fermentação alcoólica).

Quando estão em ambiente sem O_2 , fazendo fermentação, esses seres apresentam:

1. Menor metabolismo, porque a respiração anaeróbica fornece menos energia.
2. Maior consumo de glicose, para compensar o menor saldo energético e produzir energia suficiente.

Quantas vezes mais glicose a fermentação precisa consumir?

Pergunta clássica de vestibular: quantas vezes mais glicose deve ser consumida na fermentação para gerar a mesma quantidade de ATP que a respiração aeróbica?

Cálculo: Respiração aeróbica = até 38 ATP/glicose. Fermentação = 2 ATP/glicose.

$$N = 38 \div 2 = 19$$

MACETE PARA A PROVA:

Resposta: a fermentação precisa consumir 19 vezes mais glicose para produzir a mesma quantidade de ATP que a respiração aeróbica produz com 1 molécula de glicose. Não precisa você saber que é “19x”, mas que a fermentação consome mais glicose que a respiração aeróbica.

2.4.3: Aeróbicos Estritos (ou apenas "Aeróbicos")

- Fazem respiração aeróbica E anaeróbica (ex.: fermentação láctica nos músculos).
- MAS:** só conseguem VIVER em ambientes com O_2 .

Por quê? Porque a respiração anaeróbica fornece pouca energia, sendo insuficiente para manter um metabolismo complexo.

O ser humano é o exemplo perfeito, isso porque fazemos fermentação láctica nos músculos, mas não conseguimos sobreviver indefinidamente sem O_2 , porque nosso metabolismo complexo exige muita energia.

Tipo de ser vivo	Faz aeróbica?	Faz anaeróbica?	Pode viver sem O_2 ?
Anaeróbico estrito	Não	Sim (só)	Sim, O_2 é letal
Anaeróbico facultativo	Sim	Sim	Sim
Aeróbico estrito	Sim	Sim	Não

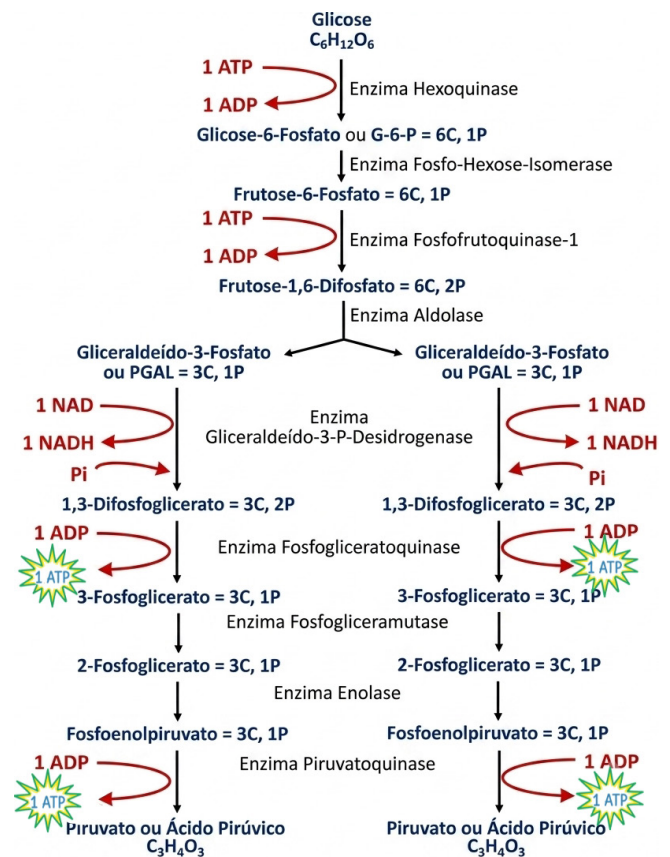
✓ RESUMO RÁPIDO:

- Aeróbica:** agente oxidante O_2 , oxidação total, produtos inorgânicos, alto saldo (até 38 ATP).
- Anaeróbica (desnitrificação):** agente oxidante nitrato, oxidação total, saldo alto (mas menor que 38 ATP).
- Fermentação:** sem agente oxidante, oxidação parcial, produtos orgânicos, saldo baixo (2 ATP).
- Anaeróbico estrito:** O_2 é letal. **Anaeróbico facultativo:** vive com ou sem O_2 . **Aeróbico estrito:** precisa de O_2 para manter metabolismo complexo.

3: Glicólise e Fermentação

Antes de detalhar os tipos de fermentação, precisamos entender a glicólise, a etapa que TODOS os tipos de respiração celular (aeróbica e anaeróbica) têm em comum.

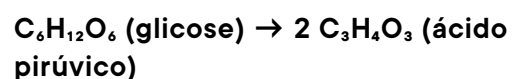
Ela é, portanto, a base de tudo!



3.1: O que é Glicólise?

- Significado:** "glico" (glicose) + "lise" (quebra) = quebra da glicose.
- Onde ocorre:** no citosol (citoplasma, sem organelas).
- Condição:** ocorre em ausência de O_2 .
- Saldo energético:** 2 ATPs (líquido).
- Produto final:** ácido pirúvico (piruvato).

Reação simplificada (a forma que cai em vestibular):



💡 **MACETE PARA A PROVA:**

Analogia do fósforo: para o fósforo liberar sua energia (queimar), você precisa dar um “empurrãozinho” inicial, riscar o fósforo na caixa. Esse “empurrãozinho” é a energia de ativação.

Na glicólise, os 2 ATPs consumidos no início funcionam como essa energia de ativação: você “investe” energia primeiro, mas recupera bem mais (4 ATPs) depois, saindo, pois, no lucro.

📌 **PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:**

O saldo de 2 ATPs da fermentação é exatamente o saldo de 2 ATPs da glicólise! Ou seja, na fermentação a célula NÃO produz ATP extra além da glicólise, todo o ATP da fermentação vem só da glicólise.

3.2: Aceptores Intermediários de Elétrons/Hidrogênios: NAD e FAD

São compostos que “recebem” temporariamente hidrogênios contendo elétrons ricos em energia, liberados ao longo da respiração celular.

Aceptor	Nome completo	Origem (vitamina)	Forma reduzida
NAD	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo	Vitamina PP (niacina)	NADH ₂ (ou NADH + H)
FAD	Flavina Adenina Dinucleotídeo	Vitamina B2 (riboflavina)	FADH ₂

Lembre-se: vitaminas dão origem a coenzimas. NAD e FAD são coenzimas de enzimas da respiração celular.

Por que a respiração celular é um processo de oxidação?

Lembrando inicialmente que a oxidação ocorre com a perda de elétrons.

A matéria orgânica vai perdendo elétrons (que estão “dentro” de hidrogênios) ao longo da respiração celular.

Esses elétrons ricos em energia se ligam ao NAD e ao FAD, formando NADH₂ e FADH₂.

Mudança	O que acontece	Tipo de reação
NAD → NADH ₂	Ganha hidrogênio (e elétrons)	Redução
NADH ₂ → NAD	Perde hidrogênio (e elétrons)	Oxidação

💡 **MACETE PARA A PROVA:**

Regra de bioquímica que sempre funciona: ganhou oxigênio / perdeu hidrogênio = OXIDOU. | ganhou hidrogênio / perdeu oxigênio = REDUZIU.

3.3: O Ciclo NAD $\rightleftharpoons$ NADH₂: entendendo o “fechar o ciclo”

A glicólise converte NAD $\rightarrow$ NADH₂ (a glicose se oxida e “entrega” hidrogênios para o NAD). Mas o NAD precisa “voltar” (ser regenerado) para a glicólise continuar acontecendo. Quem faz essa regeneração depende da presença ou ausência de O₂:

Há O ₂ ?	Quem converte NADH ₂ $\rightarrow$ NAD novamente?	Fermentação
Sim	Respiração aeróbica (cadeia respiratória)	Produz grande quantidade de ATP
Não	Fermentação	Regenera NAD, mas sem ATP extra

Em outras palavras, a fermentação pode ser definida como a reoxidação de NADH₂ em NAD na ausência de O₂ (anaerobiose), com o objetivo de regenerar o NAD para que a glicólise possa continuar acontecendo repetidamente.

💡 MACETE PARA A PROVA:

Pense na glicólise como uma fábrica que precisa de um “operário” chamado NAD. Cada vez que a fábrica funciona, o operário NAD “se cansa” e se transforma em NADH₂. Se houver O₂, a respiração aeróbica “descansa” esse operário, devolvendo-o como NAD. Se NÃO houver O₂, é a fermentação que faz esse papel de “descansar” o NADH₂ e devolvê-lo como NAD, só assim a fábrica (glicólise) continua funcionando.

Quando há O₂: o papel da cadeia respiratória

NADH₂ e FADH₂ liberam a energia de seus elétrons através de um processo chamado cadeia respiratória, que usa essa energia para produzir grandes quantidades de ATP. É justamente daqui que vem a MAIOR parte da energia da respiração aeróbica.

3.4: Nomenclaturas do NADH₂: atenção redobrada!

A glicólise converte NAD $\rightarrow$ NADH₂ (a glicose se oxida e “entrega” hidrogênios para o NAD). Mas o NAD precisa “voltar” (ser regenerado) para a glicólise continuar acontecendo. Quem faz essa regeneração depende da presença ou ausência de O₂:

Nomenclatura	O que representa
NADH ₂	Forma reduzida do NAD (a mais usada em vestibular)
NADH + H	Forma mais “elegante” quimicamente, NAD recebe H (com 2 elétrons) formando NADH, e sobra um H
NADH	Abreviação comum em algumas questões

Em relação ao FAD, não há essa complicação, pois ele recebe diretamente 2 hidrogênios (cada um com seu elétron) e forma FADH₂.

✅ RESUMO RÁPIDO:

- Glicólise: glicose $\rightarrow$ 2 ácido pirúvico, saldo de 2 ATPs (consome 2, produz 4), ocorre no citosol sem O₂.
- NAD e FAD são aceptores intermediários de elétrons/hidrogênios, formando NADH₂ e FADH₂.
- NAD $\rightarrow$ NADH₂ = redução (ganhou H). NADH₂ $\rightarrow$ NAD = oxidação (perdeu H).
- Com O₂: cadeia respiratória regenera o NAD e produz muito ATP. Sem O₂: fermentação regenera o NAD (pouco ATP extra).
- NADH₂ = NADH + H = NADH, são a mesma coisa em nomenclaturas diferentes.

Fadiga e dor muscular

- O ácido láctico se acumula → diminui o pH da célula muscular.
- pH muito baixo pode desnaturar proteínas e levar a célula à morte.
- Quando o nível de ácido láctico/pH baixo atinge um limite, a célula muscular “entra em greve” → fadiga muscular (cansaço).

PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

O pico de produção de ácido láctico NÃO é durante o exercício, é cerca de 24 horas depois! É por isso que você sente cansaço no dia do treino, mas a dor muscular forte (“descobrir músculos que nem sabia que tinha” por causa da dor) aparece no dia seguinte.

Observe que o ácido láctico continua se acumulando após o exercício e é removido do músculo em cerca de 48 horas, quando a dor passa, e levado ao fígado para ser reconvertido em glicose.

Fadiga muscular ≠ Cãibra

Esses dois conceitos NÃO podem ser confundidos!

Conceito	Causa	Relação com ácido láctico?
Fadiga/dor muscular	Acúmulo de ácido láctico, queda de pH	Sim, direta
Cãibra	Falta de ATP para RELAXAR o músculo (que permanece contraído)	Indireta, pode ter causas como deficiência de O ₂ ou de eletrólitos (Na, K)

Para contrair e relaxar o músculo, o corpo precisa de ATP.

Na cãibra, falta ATP para o relaxamento, e o músculo trava contraído. Deficiências de sódio e potássio afetam a bomba de sódio-potássio e o impulso nervoso, forçando demais o músculo e esgotando o ATP, o que pode levar à cãibra.

4.3: Lactobacilos no nosso dia a dia

Bactérias lactobacilos estão presentes em diversas partes do corpo e em alimentos, e fazem fermentação láctica produzindo ácido láctico.

Vamos ver as principais aplicações:

4.3.1: Azedamento de alimentos

Temos lactobacilos na saliva!

Ao falar/expirar, jogamos pequenas gotas de saliva no ar. Se essas gotas caem em alimentos, os lactobacilos proliferam, fazem fermentação láctica e produzem ácido láctico, azedando o alimento.

Ação	Efeito sobre o azedamento
Tampar a panela	Impede a entrada de saliva/lactobacilos → alimento demora mais a azedar
Guardar na geladeira	Baixa temperatura reduz metabolismo dos lactobacilos → menos fermentação láctica → demora mais a azedar
Colocar a colher da boca direto no alimento	Adiciona muitos lactobacilos → fermentação láctica acelerada → alimento azeda mais rápido

4.3.2: Cáries dentárias

Existem lactobacilos na boca, e os açúcares da dieta (glicose) são consumidos por fermentação láctica, produzindo ácido láctico. Outras bactérias também fazem isso.

Principal bactéria responsável: Streptococcus mutans.

Mecanismo: açúcares da dieta → fermentação láctica → ácido láctico → o ácido láctico descalcifica o dente (retira cálcio) → forma-se uma cavidade → cárie.

4.3.3: Acidez vaginal — mecanismo de proteção

Lactobacilos presentes na vagina humana fazem fermentação láctica, produzindo ácido láctico, que acidifica o ambiente vaginal.

💡 MACETE PARA A PROVA:

Por que a vagina precisa ser ácida?

Por causa da proximidade com o ânus, por onde passam fezes cheias de bactérias.

Se essas bactérias colonizassem a vagina, poderiam danificar o sistema reprodutor feminino e prejudicar a fertilidade.

O ambiente ácido (criado pelos lactobacilos), portanto, mata micro-organismos patogênicos, funcionando como mecanismo de proteção/defesa do aparelho reprodutor feminino.

4.3.4: Conservas (picles)

Lactobacilos também são usados na produção de conservas, como o picles (pepino conservado em ácido láctico).

Princípio: o ácido láctico acidifica o alimento e mata micro-organismos decompositores. Um pepino fora da geladeira estraga em poucos dias, mas conservado em ácido láctico (picles) demora muito mais para se deteriorar.

4.3.5: Coalhada, iogurte e Queijo

Esses três produtos têm uma base comum: a fermentação láctica dos lactobacilos do leite, em ambiente fechado (sem O_2), gerando ácido láctico que diminui o pH do leite.

Efeitos da queda de pH (causada pelo ácido láctico):

- Sabor azedo, característico de coalhada e iogurte.
- Desnaturação da proteína caseína (a principal proteína do leite) → a caseína coagula/coalha, formando uma consistência pastosa.

Produto	Processo	Observação
Coalhada	Apenas fermentação láctica (sem coalho)	Consistência menos firme
Iogurte	Fermentação láctica + culturas específicas	Mais valorizado comercialmente
Queijo	Fermentação láctica + ação do coalho (enzima renina)	A renina intensifica a coagulação da caseína, formando massa sólida

📌 PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

O que é o coalho, exatamente? É um material que contém a enzima renina, extraída do estômago de mamíferos recém-nascidos (bezerros, cabritos, mas, claro, NUNCA de bebês humanos).

A renina intensifica a coagulação da caseína, formando uma massa sólida de proteína: o queijo. O que resta do leite (água + gorduras) é chamado de soro, e batendo o soro repetidamente obtém-se a manteiga.

Tipo de queijo	Modificado por fungos?	Características	Exemplos
Fresco	Não	Sabor e cheiro mais suaves (queijos comuns)	-
Curado	Sim	Sabor e cheiro mais fortes/intensos	Gorgonzola (partes esverdeadas), Camembert (crosta esbranquiçada)

Por que a fermentação láctica era importante para conservar leite (antes da geladeira)?

Sem geladeira, o leite estraga em horas/poucos dias.

Dessa forma, transformar o leite em coalhada gera ácido láctico, que ao baixar o pH elimina micro-organismos decompositores, conservando o leite por mais tempo.

Uma técnica popular, portanto, de conservação “antes da geladeira”!

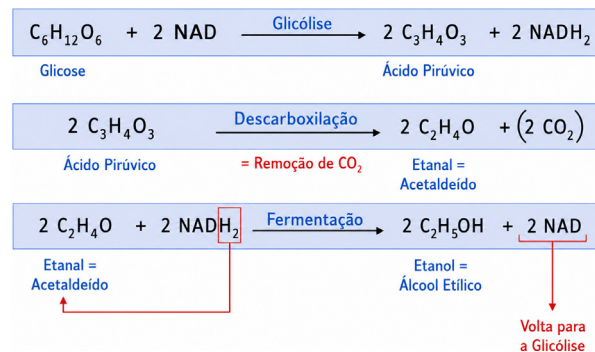
✓ RESUMO RÁPIDO:

- Fermentação láctica: glicose → ácido láctico (único produto). Aceptor final de H: ácido pirúvico.
- Músculos: fadiga = acúmulo de ácido láctico (pico ~24h depois); câibra = falta de ATP para relaxar (causas diversas).
- Lactobacilos: azedamento de alimentos, cáries (*Streptococcus mutans*), proteção vaginal (ácido), pickles, coalhada/iogurte/queijo.
- Queijo = fermentação láctica + coagulo (enzima renina) → coagulação intensa da caseína → massa sólida.
- Queijos curados (Gorgonzola, Camembert) são modificados por fungos, com sabor/cheiro mais fortes.

5: Fermentação Alcoólica

Segundo tipo de fermentação!

A fermentação alcoólica é diferente da láctica em um ponto fundamental, pois ela tem uma etapa extra (descarboxilação) e libera CO_2 .



Vamos entender o passo a passo.

5.1: A Reação da Fermentação Alcoólica: Passo a Passo

Etapa 1: Glicólise (igual em todos os tipos)

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{NAD} \rightarrow (\text{glicólise}) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ (ácido pirúvico) + NADH_2

Etapa 2: Descarboxilação do ácido pirúvico

Descarboxilação = remoção de CO_2 . Diferente da fermentação láctica, AQUI o ácido pirúvico perde CO_2 antes de reagir com o NADH_2 :

$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ (ác. pirúvico) $\rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (etanal/acetaldéido) + CO_2

Etapa 3: Redução do acetaldeído (recebe H do NADH_2)

$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (etanal) + 2H (do NADH_2) $\rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (etanol) + NAD

Resumo final: glicose $\rightarrow$ etanol + CO_2 + energia.

💡 MACETE PARA A PROVA:

A grande diferença entre as duas fermentações: na fermentação LÁTICA, o ácido pirúvico recebe os hidrogênios DIRETAMENTE, formando ácido láctico (sem liberar CO_2). Na fermentação ALCOÓLICA, o ácido pirúvico primeiro perde CO_2 (descarboxilação) formando acetaldeído, e SÓ ENTÃO o acetaldeído recebe os hidrogênios, formando etanol. Por isso, só a fermentação alcoólica libera CO_2 !

Fermentação	Aceptor final de H/elétrons	Libera CO_2 ?	Produto(s) final(is)
Lática	Ácido pirúvico	Não	Ácido láctico
Alcoólica	Etanal (acetaldeído)	Sim	Etanol + CO_2

5.2. Onde ocorre a Fermentação Alcoólica?

Principal organismo envolvido: levedura *Saccharomyces cerevisiae* — um fungo unicelular, conhecido também como fermento biológico ou levedo de cerveja.

5.2.1: Produção de pães e bolos

A fermentação alcoólica das leveduras produz CO_2 , que estufa (faz crescer) as massas de pães e bolos.

Gases tendem a se expandir, é o CO_2 se expandindo que deixa a massa fofinha.

📌 PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

“Mas se a fermentação alcoólica produz etanol, por que ninguém fica bêbado comendo pão?” Dois motivos: (1) a quantidade de etanol produzida é muito pequena; (2) o etanol é volátil e evapora durante o assamento no forno, inclusive, aquele cheirinho gostoso de pão/bolo quente é o etanol evaporando!

5.2.2: Bebidas alcoólicas e antissépticos

O etanol produzido por fermentação alcoólica de leveduras (“levedo de cerveja”) é usado em:

- Bebidas alcoólicas.
- Biocombustíveis.
- Antissépticos (ex.: álcool em gel, que elimina vírus e bactérias).

5.3: Fermento Químico x Fermento Biológico

Ambos têm o MESMO efeito final: liberar CO_2 para estufar a massa.

O mecanismo, no entanto, é diferente. Senão vejamos:

Fermentação	Exemplo	Mecanismo	Tem enzimas a desnaturar?
Fermento químico	Bicarbonato de sódio	Decomposição química direta → libera CO_2	Não
Fermento biológico	Levedura (fermentação alcoólica)	Reação biológica → libera CO_2	Sim

💡 MACETE PARA A PROVA:

Diferença prática na receita: com fermento QUÍMICO, pode levar a massa direto ao forno (não há enzimas para desnaturar).

Já com fermento BIOLÓGICO, a massa precisa DESCANSAR antes de ir ao forno, para dar tempo de acumular CO_2 suficiente.

Assim, se a massa for ao forno direto, o calor desnatura as enzimas da levedura e mata a levedura ANTES de produzir CO_2 suficiente, resultando em um bolo “solado” (que não cresce).

6: Bebidas Fermentadas, Destiladas e Metanol

Essa aula é pura “Biologia aplicada ao dia a dia”, junta fermentação alcoólica com Química (destilação) e Fisiologia/Saúde (metabolismo do etanol e do metanol).

Não por menos, é um conteúdo MUITO visado em questões interdisciplinares!

5.2: Onde ocorre a Fermentação Alcoólica?

6.1.1: Bebidas Fermentadas

Produzidas SOMENTE por fermentação alcoólica. Têm um teor alcoólico máximo de aproximadamente 18%, sendo que isso é uma LIMITAÇÃO das leveduras, que não conseguem produzir etanol além desse teor.

Bebida	Matéria-prima?	Teor alcoólico médio
Cerveja	Cevada, trigo ou milho	≈ 5%
Vinho	Uva	≈ 12%
Saquê	Arroz	≈ 15%

O que importa aqui é ter um carboidrato do qual se possa obter glicose para a fermentação alcoólica.

6.1.2: Bebidas Destiladas

Produzidas por fermentação alcoólica SEGUIDA de destilação.

A destilação permite concentrar o etanol em teores acima de 18% (até 100%, teoricamente).

💡 MACETE PARA A PROVA:

Diferença prática na receita: com fermento QUÍMICO, pode levar a massa direto ao forno (não há enzimas para desnaturar).

Já com fermento BIOLÓGICO, a massa precisa DESCANSAR antes de ir ao forno, para dar tempo de acumular CO₂ suficiente.

Assim, se a massa for ao forno direto, o calor desnatura as enzimas da levedura e mata a levedura ANTES de produzir CO₂ suficiente, resultando em um bolo “solado” (que não cresce).

Bebida	Matéria-prima?	Teor alcoólico médio
Whisky	Cevada maltada (ou milho, no caso do bourbon)	≈ 40-43%
Cachaça	Cana-de-açúcar	≈ 40-43%
Vodka	Batata, uva ou beterraba	≈ 40-43%

📌 PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

“Misturar bebidas deixa mais bêbado”, MITO! O quanto uma pessoa fica embriagada depende SOMENTE da quantidade ABSOLUTA de etanol ingerida, não importa se está em uma bebida só ou distribuída em várias.

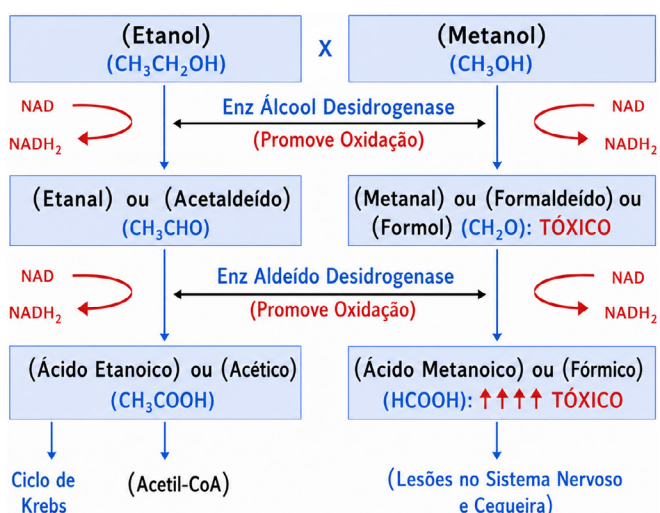
Assim, a sensação de que “misturar” embriaga mais surge porque, ao misturar, a pessoa geralmente acaba bebendo uma quantidade total de etanol muito maior.

6.2: Metabolismo do Etanol

O etanol é metabolizado em duas etapas enzimáticas, cada uma produzindo NADH₂ (lembra do NAD comoceptor intermediário?):

Etapa	Enzima	Reação	Produt
1	Álcool desidrogenase	Cevada maltada (ou milho, no caso do bour-bon)	≈ 40-43%
2	Aldeído desidrogenase	Cana-de-açúcar	≈ 40-43%

Em seguida, o ácido acético forma acetil-coenzima A, que entra no Ciclo de Krebs da respiração celular como fonte de energia.



💡 MACETE PARA A PROVA:

É por isso que o etanol é tão calórico! Ele entra no Ciclo de Krebs e gera energia (e calor).

É esse o motivo que em países muito frios, como a Rússia, é comum a ingestão de vodka para “esquentar”, o etanol é metabolizado e usado como fonte de calor para o corpo.

Os dois destinos da acetil-coenzima A

1. Entra no Ciclo de Krebs como fonte de energia.
2. Em excesso, forma ácidos graxos → gordura.

🚩 PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

A “barriguinha de cerveja” não é o maior problema! O excesso de etanol gera excesso de acetil-CoA, que forma ácidos graxos (gordura).

A gordura visível na barriga preocupa menos do que a gordura acumulada nos hepatócitos (células do fígado), que pode levar à esteatose hepática (fígado gorduroso).

Da esteatose hepática à cirrose

Estágio	O que acontece	Hepatócitos
Esteatose hepática (fígado gorduroso)	Acúmulo de gordura nos hepatócitos (causado por excesso de etanol OU excesso direto de gordura na dieta)	Cheios de gordura, funcionam mal, mas ainda VIVOS
Cirrose hepática	Morte dos hepatócitos → fibrose (cicatrização) → tecido hepático substituído por tecido fibroso/cicatricial	Mortos, substituídos por tecido fibroso

A esteatose hepática é considerada uma “pré-cirrose”, um estágio anterior à cirrose, portanto. Na cirrose, o fígado não funciona mais (insuficiência hepática), o que pode levar à morte.

Por que a insuficiência hepática pode matar?

O fígado tem várias funções metabólicas importantes. Abaixo apresentamos duas causas de morte ligadas à insuficiência hepática:

Função do fígado afetada	Consequência da falha	Risco
Ciclo da ornitina (transforma amônia em ureia)	Amônia se acumula no organismo	Amônia é extremamente tóxica → pode levar à morte
Produção de fatores de coagulação sanguínea	Coagulação inadequada	Hemorragias → pode levar à morte

6.2: Metanol: o “primo perigoso” do etanol

Na fermentação alcoólica, além de etanol, também é produzido um pouquinho de metanol — que é extremamente tóxico.

Por que destilar bebidas (ex.: vodka) três vezes?

PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

“Destilação tripla = mais teor alcoólico” ERRADO!

Já com UMA destilação você consegue o teor alcoólico desejado.

O objetivo de destilar três vezes (“triplemente destilado”) é AUMENTAR A PUREZA, removendo o metanol da bebida.

Isso explica por que, em alambiques artesanais sem destilação adequada, há risco real de intoxicação fatal por metanol.

Metabolismo do metanol — uma cascata de toxicidade

A mesma enzima álcool desidrogenase que metaboliza o etanol também metaboliza o metanol, mas com consequências MUITO piores:

Etapa	Enzima	Reação	Observação
1	Álcool desidrogenase	Metanol → Metanal (formol/formaldeído)	Formol é usado para embalsamar cadáveres, extremamente tóxico
2	Aldeído desidrogenase	Formol → Ácido fórmico (ácido metanoico)	Mesmo nome do ácido das formigas, pode causar lesões no sistema nervoso e cegueira IRREVERSÍVEL

MACETE PARA A PROVA:

O grande perigo NÃO é o metanol em si, são os PRODUTOS do seu metabolismo (formol e ácido fórmico). Cada etapa do metabolismo piora a situação: metanol → formol (pior) → ácido fórmico (piorou mais ainda).

Tratamento da intoxicação por metanol: dar... etanol!

PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

Sim, o tratamento para intoxicação por metanol é dar ETANOL ao paciente.

Isso se chama princípio de competição enzimática: a álcool desidrogenase e a aldeído desidrogenase ficam “ocupadas” metabolizando o etanol (que está em excesso), e por isso NÃO metabolizam o metanol, evitando a formação de formol e ácido fórmico (muito mais tóxicos que o próprio metanol).

Enquanto isso, o metanol é eliminado do corpo sem se transformar nesses produtos perigosos.

✓ RESUMO RÁPIDO:

- Bebidas fermentadas (até ~18% de teor): cerveja, vinho, sake. Bebidas destiladas (passam por destilação, ~40–43%): whisky, cachaça, vodka.
- Misturar bebidas não embebeda mais — o que importa é a quantidade ABSOLUTA de etanol.
- Metabolismo do etanol: etanol → etanal → ácido acético → acetil-CoA → Ciclo de Krebs (energia) ou ácidos graxos (gordura).
- Excesso de gordura no fígado → esteatose hepática (hepatócitos vivos) → cirrose (hepatócitos mortos, fibrose) → insuficiência hepática (acúmulo de amônia, hemorragias).
- Destilação tripla = aumentar pureza, removendo metanol (não aumenta o teor alcoólico).
- Metabolismo do metanol: metanol → formol (formaldeído) → ácido fórmico — ambos extremamente tóxicos.
- Tratamento da intoxicação por metanol: administrar etanol (competição enzimática).

7: Etanol de 1ª e 2ª Geração

Última aula do bloco de Bioenergética!

Aqui vemos a produção de etanol combustível, um tema clássico de questões sobre biocombustíveis, sustentabilidade e economia (ótimo gancho com Geografia e atualidades).

7.1: Etanol de 1ª Geração

É o etanol produzido a partir de fontes de carboidratos relativamente simples, já tradicionalmente usadas na indústria.

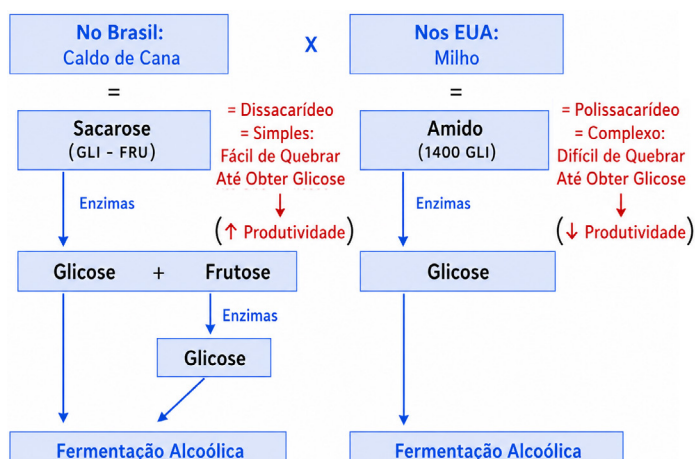
País	Matéria-prima	Carboidrato principal	Complexidade
Brasil	Caldo de cana-de-açúcar	Sacarose (dissacarídeo: glicose + frutose)	Simple
Estados Unidos	Milho	Amido (polissacarídeo: ~1.400 unidades de glicose)	Complexo

Caminho da cana-de-açúcar até o etanol

Sacarose → (enzimas) → glicose + frutose
→ (enzimas, frutose convertida) → glicose
→ (fermentação alcoólica) → etanol

Caminho do milho até o etanol

Amido (~1.400 glicoses) → (enzimas) → glicose
→ (fermentação alcoólica) → etanol



💡 MACETE PARA A PROVA:

Regra de ouro: quanto mais SIMPLES o carboidrato, mais fácil é quebrá-lo em glicose. A sacarose (dissacarídeo, 2 unidades) é muito mais fácil de quebrar que o amido (polissacarídeo, ~1.400 unidades). Carboidrato mais simples = quebra mais fácil = MAIOR PRODUTIVIDADE e MENOR CUSTO.

📌 PEGADINHA CLÁSSICA DE PROVA:

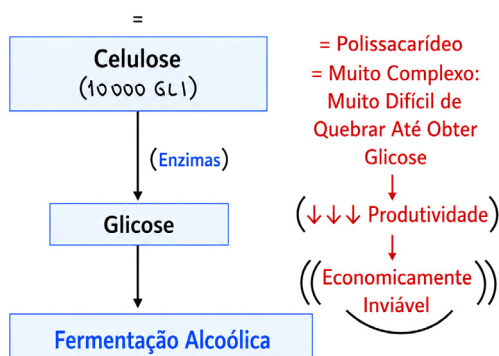
“Os EUA são o maior produtor mundial de etanol, então o etanol deles é ‘melhor’?” Não necessariamente em termos de eficiência! Apesar de serem o maior produtor mundial, o etanol americano (à base de milho/amido, polissacarídeo complexo) tem MENOR produtividade e MAIOR custo. Já o etanol brasileiro (à base de cana/sacarose, dissacarídeo simples) tem MAIOR produtividade e MENOR custo, justamente pela diferença de complexidade do carboidrato de origem.

7.2: Etanol de 2ª Geração

A ideia é aproveitar materiais ricos em celulose que normalmente seriam DESPERDIÇADOS:

- Bagaço da cana (desperdiçado ao se usar só o caldo de cana).
- Palha do milho (desperdiçada ao se usar só os grãos).
- Capim, algas e qualquer material com celulose.

Bagaço de Cana, Palha de Milho, Capim, Algas...



Caminho proposto: da celulose ao etanol

Celulose (≈10.000 unidades de glicose) → (enzimas) → glicose → (fermentação alcoólica) → etanol

Por que o etanol de 2ª geração ainda é (em 2026) economicamente inviável?

Carboidrato	Nº aproximado de unidades de glicose	Complexidade	Etanol resultante
Sacarose (1ª geração - cana)	2 (dissacarídeo)	Muito simples	1ª geração, alta produtividade
Amido (1ª geração - milho)	≈ 1.400	Complexo	1ª geração, menor produtividade
Celulose (2ª geração)	≈ 10.000	Muito complexo	2ª geração, produtividade muito baixa

Dois problemas principais tornam o etanol de 2ª geração inviável atualmente:

1. Baixíssima produtividade, a celulose é extremamente complexa (≈10.000 unidades de glicose), muito difícil de quebrar.
2. Enzimas caras, as enzimas capazes de quebrar celulose em glicose são difíceis e caras de produzir.

💡 MACETE PARA A PROVA:

Sacada para a prova: se alguém descobrir/inventar enzimas baratas e eficientes para quebrar celulose em glicose, o etanol de 2ª geração se tornaria economicamente viável, aproveitando resíduos agrícolas (bagaço de cana, palha de milho) que hoje são desperdiçados.

É um tema recorrente, portanto, em questões sobre sustentabilidade e inovação tecnológica.

✓ RESUMO RÁPIDO:

- Etanol de 1ª geração: Brasil usa cana (sacarose, simples → alta produtividade, baixo custo); EUA usam milho (amido, complexo → menor produtividade, maior custo).
- Regra geral: carboidrato mais simples = mais fácil quebrar em glicose = mais produtivo e mais barato.
- Etanol de 2ª geração: usaria resíduos com celulose (bagaço de cana, palha de milho, capim, algas).
- Celulose tem ≈10.000 unidades de glicose (muito complexa) → baixíssima produtividade + enzimas caras = inviável economicamente, por enquanto.

8: Revisão Relâmpago

Chegou até aqui? Mandou bem!

Antes da prova, dá uma última passada nesse quadro geral, ele resume TODA a apostila.

8.1: Saldo Energético por Tipo de Respiração

Processo	Agente oxidante	Tipo de oxidação	Produtos finais	Saldo de ATP por glicose
Glicólise (base de tudo)	-	-	2 ác. pirúvico + 2 NADH ₂	2 ATP (consome 2, produz 4)
Respiração aeróbica	O ₂	Total (completa)	CO ₂ + H ₂ O	Até 38 ATP
Desnitrificação	Nitrato (NO ₃)	Total (completa)	CO ₂ + H ₂ O + N ₂	Alto, mas menor que 38 ATP
Fermentação láctica	Nenhum	Parcial (incompleta)	Ácido láctico	2 ATP
Fermentação alcoólica	Nenhum	Parcial (incompleta)	Etanol + CO ₂	2 ATP

8.2: As Duas Fermentações, Lado a Lado

Característica	Fermentação Láctica	Fermentação Alcoólica
Etapas extras após a glicólise?	Não (direto: pirúvico → ácido láctico)	Sim (descarboxilação: pirúvico → etanal)
Libera CO ₂ ?	Não	Sim
Aceptor final de H/elétrons	Ácido pirúvico	Etanal (acetaldeído)
Produto(s) final(is)	Ácido láctico	Etanol + CO ₂
Exemplos de organismos	Músculos humanos, Lactobacillus	Leveduras (Saccharomyces cerevisiae)

7.3: ATP: Fórmulas-Chave

- **Hidrólise simples (1 ligação):** $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi} + 7,3 \text{ kcal/mol}$ (enzima: ATPase).
- **Hidrólise dupla (2 ligações):** $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AMP} + \text{PPi} + 14,6 \text{ kcal/mol}$ (enzima: AMP transferase).
- **Energia total da glicose:** $686 \text{ kcal/mol} \rightarrow \approx 280 \text{ kcal/mol}$ em ATPs (rendimento $\approx 40\%$) $\rightarrow \approx 400 \text{ kcal/mol}$ perdidos como calor.
- **Cálculo “19x”:** fermentação precisa de 19x mais glicose que a respiração aeróbica para produzir a mesma quantidade de ATP ($38 \div 2 = 19$).

8.4: Tipos de Seres Vivos

Tipo	O ₂ é letal?	Vive sem O ₂ ?	Vive com O ₂ ?	Exemplo
Anaeróbico estrito	Sim	Sim	Não	Clostridium tetani, C. botulinum
Anaeróbico facultativo	Não	Sim (fermentação)	Sim (respiração aeróbica)	Lactobacillus, leveduras
Aeróbico estrito	Não	Não	Sim	Seres humanos e demais animais

8.5: Saúde: Pontos que Mais Caem

Tema	Conceito-chave
Fadiga muscular	Acúmulo de ácido láctico → queda de pH → dor (pico em ~24h, dura ~48h)
Cãibra	Falta de ATP para relaxar o músculo (não é o mesmo que fadiga!)
Lata estufada	CO ₂ de bactérias anaeróbicas — pode ser botulismo ou decomposição. NUNCA consuma!
Cárie	Streptococcus mutans → fermentação láctica dos açúcares → ác. láctico descalcifica o dente
Acidez vaginal	Lactobacilos produzem ác. láctico → proteção contra micro-organismos patogênicos
Esteatose hepática	Acúmulo de gordura nos hepatócitos (vivos) — “pré-cirrose”
Cirrose hepática	Morte dos hepatócitos → fibrose → insuficiência hepática (amônia, hemorragias)
Intoxicação por metanol	Tratamento = etanol (competição enzimática) — evita formação de formol/ác. fórmico

8.6: Biocombustíveis: Etanol 1ª x 2ª Geração

Geração	Matéria-prima	Carboidrato	Viabilidade econômica
1ª (Brasil)	Cana-de-açúcar	Sacarose (simples)	Alta produtividade, baixo custo
1ª (EUA)	Milho	Amido (~1.400 glicoses)	Menor produtividade, maior custo
2ª (proposta)	Bagaço/palha/capim/algas	Celulose (~10.000 glicoses)	Inviável (baixa produtividade + enzimas caras)

💡 MACETE PARA A PROVA:

Dica final de revisão: sempre que uma questão mencionar “produto orgânico restante”, pense em fermentação (oxidação parcial). Se mencionar “produtos somente inorgânicos”, pense em respiração aeróbica ou desnitrificação (oxidação total). E lembre-se: NAD/FAD são os “carteiros” de hidrogênios/elétrons em TODOS os processos!

Questões para fixar

Questão 1 - ENEM PPL

Um agricultor, visando melhorar a vida útil dos vegetais que comercializa, optou por embalagens a vácuo. Esse procedimento impede a proliferação dos principais microrganismos que participam da decomposição dos alimentos, prolongando o período de consumo dos vegetais.

Esse tipo de embalagem impede a proliferação de microrganismos porque

- a) retém água.
- b) controla o pH.
- c) evita a perda de nutrientes.
- d) mantém a temperatura constante.
- e) impede o contato com o oxigênio.

Questão 3 - UECE

O queijo, que é um meio de conservação do leite, é um alimento que tem sido produzido pelos seres humanos há mais de 12 mil anos. Os microrganismos que atuam no processo de fabricação do queijo são

- a) fungos e protozoários.
- b) microalgas e bactérias.
- c) microalgas e protozoários.
- d) fungos e bactérias.

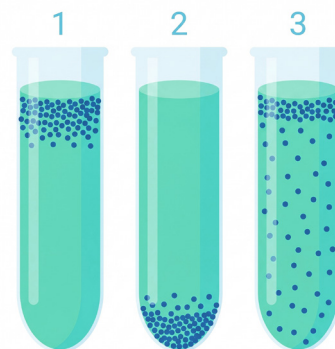
Questão 2 - ENEM PPL

Na preparação da massa do pão, presente na mesa do café da maioria dos brasileiros, utiliza-se o fungo *Saccharomyces cerevisiae* vivo, contido no fermento. Sua finalidade é fazer com que a massa cresça por meio da produção de gás carbônico. Esse processo químico de liberação de gás é causado pela

- a) glicogênese lática.
- b) fermentação alcoólica.
- c) produção de ácido lático.
- d) produção de lactobacilos.
- e) formação do ácido pirúvico.

Questão 4 - ENEM

Utilizando-se um mesmo meio nutritivo, três gêneros bacterianos diferentes foram submetidos ao cultivo em tubos de ensaio. Após certo período de crescimento da cultura bacteriana em condições físico-químicas ideais, observou-se que o padrão de distribuição das células (representadas por pontos na figura) ao longo dos tubos era diferente em cada um dos casos.



Em relação ao metabolismo energético, os microrganismos presentes nos tubos 1, 2 e 3 são classificados, respectivamente, como

- a) anaeróbico facultativo, anaeróbico estrito e aeróbico estrito.
- b) anaeróbico facultativo, aeróbico estrito e anaeróbico estrito.
- c) aeróbico estrito, anaeróbico estrito e anaeróbico facultativo.
- d) anaeróbico estrito, aeróbico estrito e anaeróbico facultativo.
- e) aeróbico estrito, anaeróbico facultativo e anaeróbico estrito.

✓ Gabarito:

Questão 1: Alternativa **E**
Questão 2: Alternativa **D**
Questão 3: Alternativa **B**
Questão 4: Alternativa **C**

Cadastre-se gratuitamente e
acesse 3 cursos completos de
Matemática, Física e Química
básica dentro da plataforma
do Professor Ferretto.

Siga-nos nas redes sociais:



PROFESSOR
FERRETTO

professorferretto.com.br