

Figura 5.24 Esquema do catabolismo e do anabolismo, indicando o papel-chave do ATP e da força próton motiva na integração dos processos. Os monômeros são sintetizados a partir dos nutrientes presentes no ambiente.

Tabela 5.1 Macronutrientes encontrados na natureza e em meios de cultura

Elemento	Forma usual do nutriente, encontrada na natureza	Forma química, fornecida nos meios de cultura
Carbono (C)	CO ₂ , compostos orgânicos	Glicose, malato, acetato, piruvato, aminoácidos, centenas de outros compostos ou misturas complexas (extrato de levedura, peptona e assim por diante)
Hidrogênio (H)	H ₂ O, compostos orgânicos	H ₂ O, compostos orgânicos
Oxigênio (O)	H ₂ O, O ₂ , compostos orgânicos	H ₂ O, O ₂ , compostos orgânicos
Nitrogênio (N)	NH ₃ , NO ₃ ⁻ , N ₂ , compostos orgânicos nitrogenados	<i>Inorgânica</i> : NH ₄ Cl, (NH ₄) ₂ SO ₄ , KNO ₃ , N ₂ <i>Orgânica</i> : aminoácidos, bases nitrogenadas dos nucleotídeos, muitos outros compostos orgânicos que contêm N
Fósforo (P)	PO ₄ ³⁻	KH ₂ PO ₄ , Na ₂ HPO ₄
Enxofre (S)	H ₂ S, SO ₄ ²⁻ , compostos orgânicos sulfurados, sulfetos metálicos (FeS, CuS, ZnS, NiS etc.)	Na ₂ SO ₄ , Na ₂ S ₂ O ₃ , Na ₂ S, cisteína, outros compostos orgânicos sulfurados
Potássio (K)	K ⁺ em solução ou em vários sais de K	KCl, KH ₂ PO ₄
Magnésio (Mg)	Mg ²⁺ em solução ou em vários sais de Mg	MgCl ₂ , MgSO ₄
Sódio (Na)	Na ⁺ em solução, como NaCl, ou outros sais de Na	NaCl
Cálcio (Ca)	Ca ²⁺ em solução, como CaSO ₄ , ou outros sais de Ca	CaCl ₂
Ferro (Fe)	Fe ²⁺ ou Fe ³⁺ em solução, como FeS, Fe(OH) ₃ , ou muitos outros sais de Fe	FeCl ₃ , FeSO ₄ , várias soluções com ferro quelado (Fe ³⁺ -EDTA, citrato de Fe ³⁺ e assim por diante)

Tabela 5.2 Micronutrientes (elementos traços) necessários aos seres vivos^a

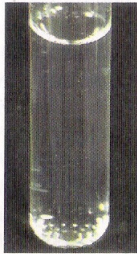
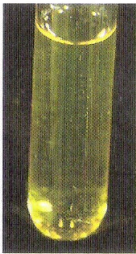
Elemento	Função celular
Cromo (Cr)	Requerido por mamíferos no metabolismo da glicose; microrganismos não o necessitam
Cobalto (Co)	Vitamina B ₁₂ ; transcaboxilase (bactérias que metabolizam ácido propiónico)
Cobre (Cu)	Respiração; citocromo <i>c</i> oxidase; fotossíntese; plastocianina e algumas superóxido dismutases
Manganês (Mn)	Ativador de muitas enzimas; presente em certas superóxido dismutases e na enzima que cliva a água, em fototróficos oxigênicos (Fotossistema II)
Molibdênio (Mo)	Certas enzimas contendo flavina; nitrogenase, nitrato redutase, sulfito oxidase, DMSO-TMAO redutases e algumas formato desidrogenases
Níquel (Ni)	Maioria das hidrogenases; coenzima F ₄₃₀ de metanogênicos; monóxido de carbono desidrogenase; urease
Selênio (Se)	Formato desidrogenase; algumas hidrogenases; no aminoácido selenocisteína
Tungstênio (W)	Algumas formato desidrogenases; oxotransferases de hipertermófilos
Vanádio (V)	Vanádio nitrogenase; bromoperoxidase
Zinco (Zn)	Anidrase carbônica; álcool desidrogenase; RNA e DNA polimerases e muitas proteínas de ligação ao DNA
Ferro (Fe) ^b	Citocromos; catalases; peroxidases; proteínas contendo ferro e enxofre; oxigenases; todas as nitrogenases

^a Nem todos os micronutrientes listados são requeridos por todas as células; alguns dos metais listados são encontrados em enzimas de apenas alguns microrganismos específicos.

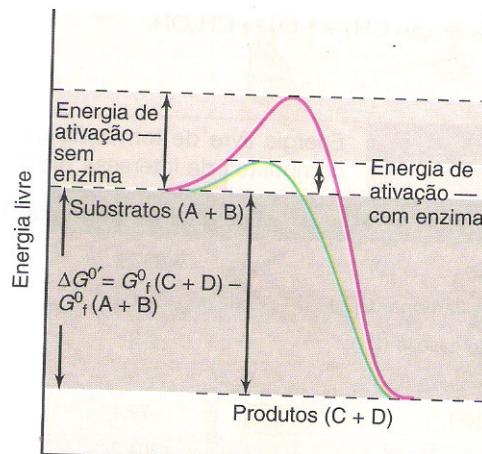
^b Necessário em maiores quantidades que os outros metais traços.

Tabela 5.4

Exemplos de meios de cultura para microrganismos com necessidades nutricionais simples e exigentes^a

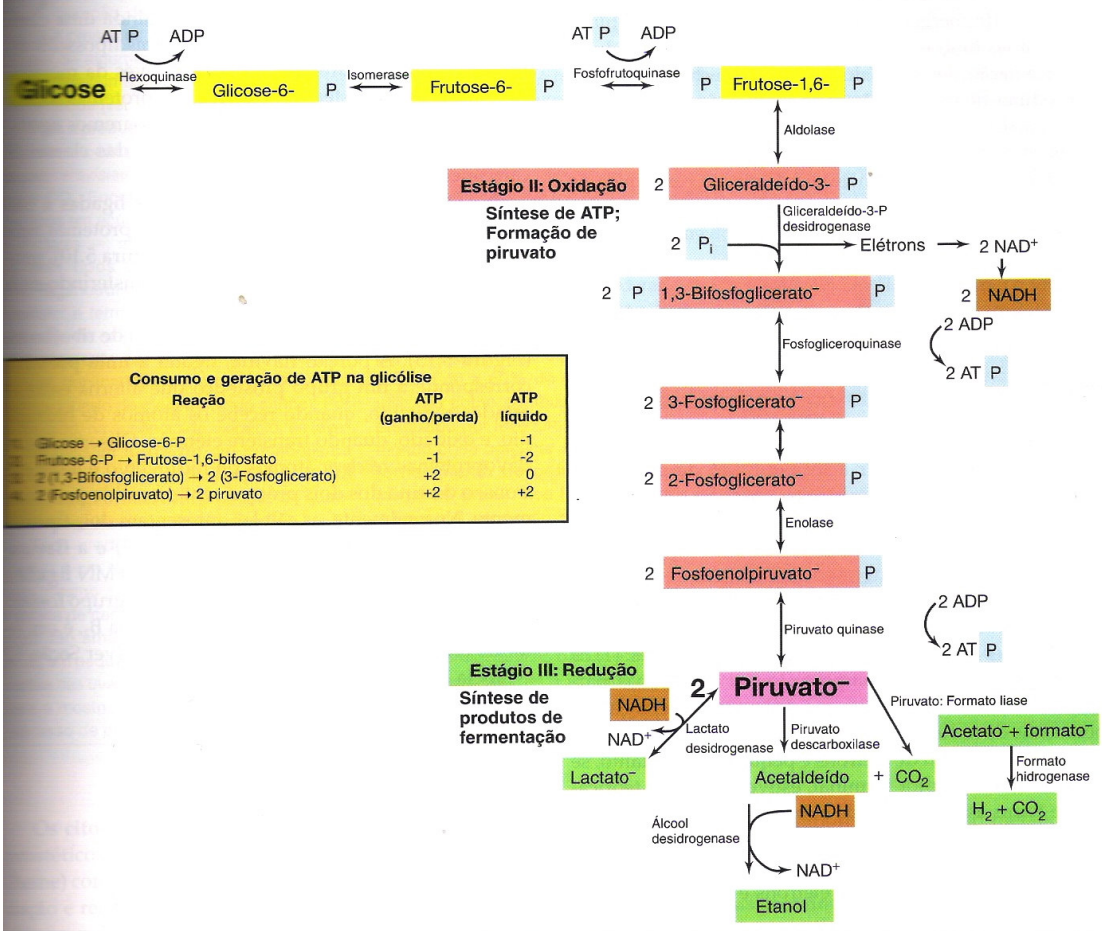
Meio de cultura definido para <i>Escherichia coli</i>	Meio de cultura definido para <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Meio de cultura complexo, tanto para <i>E. coli</i> como para <i>L. mesenteroides</i>
K ₂ HPO ₄ 7 g KH ₂ PO ₄ 2 g (NH ₄) ₂ SO ₄ 1 g MgSO ₄ 0,1 g CaCl ₂ 0,02 g Glicose 4-10 g Elementos traços (Fe, Co, Mn, Zn, Cu, Ni, Mo) 2-10 µg de cada Água destilada 1.000 ml pH 7	K ₂ HPO ₄ 0,6 g KH ₂ PO ₄ 0,6 g NH ₄ Cl 3 g MgSO ₄ 0,1 g Glicose 25 g Acetato de sódio 20g Aminoácidos (alanina, arginina, asparagina, aspartato, cisteína, glutamato, glutamina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, triptofano, tirosina, valina) 100-200 µg de cada Purinas e pirimidinas (adenina, guanina, uracila, xantina) 10 mg de cada Vitaminas (biotina, folato, ácido nicotínico, piridoxal, piridoxamina, piridoxina, riboflavina, tiamina, pantotenato, ácido <i>p</i> -aminobenzóico) 0,01-1 mg de cada Elementos traços (ver primeira coluna) 2-10 µg de cada Água destilada 1.000 ml pH 7	Glicose 15 g Extrato de levedura 5 g Peptona 5 g KH ₂ PO ₄ 2 g Água destilada 1.000 ml pH 7
 <p>(a)</p>		 <p>(b)</p>

a As fotos apresentam tubos contendo (a) o meio definido descrito e (b) o meio complexo. Observe como o meio complexo é colorido, em decorrência dos vários extratos orgânicos e produtos de digestão que contém. Fotos gentilmente cedidas por Cheryl L. Broadie e John Versillo, Southern Illinois University, em Carbondale.



Etapa I: Reações preparatórias

Produção de gliceraldeído 3-fosfato



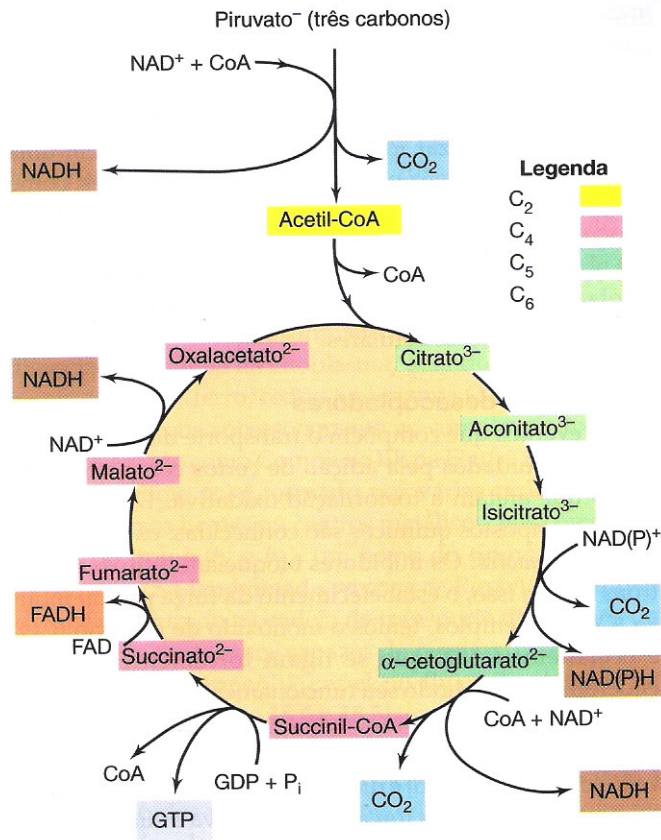
Consumo e geração de ATP na glicólise

Reação	ATP (ganho/perda)	ATP líquido
1. Glucose → Glucose-6-P	-1	-1
2. Frutose-6-P → Frutose-1,6-bisfosfato	-1	-2
3. 2 (1,3-Bisfosfoglicerato) → 2 (3-Fosfoglicerato)	+2	0
4. 2 (Fosfoenolpiruvato) → 2 piruvato	+2	+2

Sumário da energética da glicólise

Exemplos da estequiometria geral	Organismos	Produção de energia livre:
1) Glucose → 2 etanol + 2 CO ₂	Leveduras	1. Etanol/CO ₂ : -238,8 kJ/mol de glicose/fermentada. Assumindo que o valor de energia para a ligação de alta energia no ATP é de -31,8 kJ/mol, -63,3 kJ são conservados no ATP, com uma eficiência de 27%.
2) Glucose → 2 lactato ⁻ + 2 H ⁺	Bactérias lácticas	
3) Glucose → 1 lactato ⁻ + 1 acetato ⁻ + 1 formato ⁻ + 3H ⁺	Bactérias entéricas	
4) Glucose → 1 lactato ⁻ + 1 acetato ⁻ + H ₂ + CO ₂ + 2 H ⁺	Bactérias entéricas	2. Lactato: -196 kJ, com uma eficiência de 32%.

Figura 5.14 Via de Embden-Meyerhof (glicólise), a seqüência de reações enzimáticas na conversão de glicose a piruvato e, em seguida, aos produtos de fermentação. As enzimas são apresentadas em caracteres menores. Os produtos da aldolase são, na realidade, o gliceraldeído 3-P e a diidroxiacetona P, mas a última é convertida em gliceraldeído 3-P. Observe como o piruvato corresponde ao "conector" central da glicólise — todos os produtos de fermentação são originados do piruvato. Apenas alguns exemplos são apresentados nesta figura.



(a)

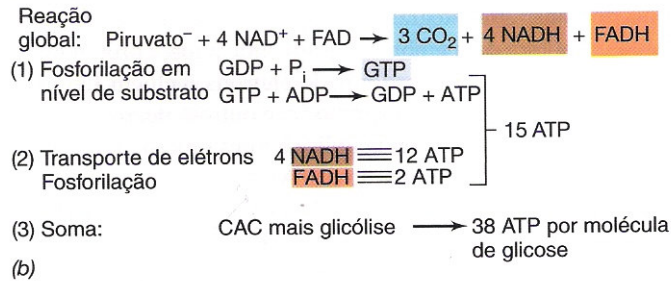


Figura 5.22 O ciclo do ácido cítrico (CAC). (a) O CAC é iniciado quando o composto de dois carbonos, acetil-CoA (formado a partir do piruvato), condensa-se ao oxalacetato — um composto de quatro carbonos —, originando citrato — um composto de seis carbonos. Mediante uma série de oxidações e transformações, esse composto de seis carbonos é novamente convertido a oxalacetato, contendo quatro carbonos, que inicia outro ciclo pela adição de outra molécula de acetil-CoA. (b) Balanço global do combustível (NADH/FADH) para a cadeia de transporte de elétrons e do CO₂, gerado no CAC. Compare com a Figura 5.14 e observe a grande diferença de energia gerada na fermentação e na respiração da glicose.