



# Energia: medidas e necessidades

Thiago H. A. Vendramini



# 1.

---

**Introdução,  
definição e  
conceitos**



# Definição

---

Energia é a capacidade de executar trabalho

Não é por si só um nutriente

Propriedade obtida a partir da oxidação de moléculas orgânicas (gorduras (lipídeos), carboidratos e proteínas)



# Energia

---

**Energia é quantitativamente o item mais importante da dieta do animal**

**Todos os padrões alimentares se baseiam nas *necessidades energéticas***

# Importância

---

Todas as funções e processos vitais e bioquímicos dos animais requerem energia

Andar

Mastigar

Digerir

Regular  
temperatura  
corporal

Manter  
gradientes  
iônicos

Síntese de  
proteínas

Estocar  
glicogênio e  
gorduras

Absorver  
nutrientes  
pelo TGI

Síntese  
hepática de  
glicose

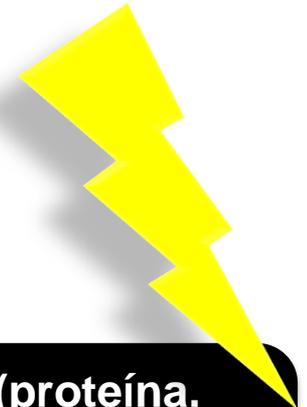
# Unidades

---

Nutrientes?

Tem massa?

Dimensões mensuráveis?



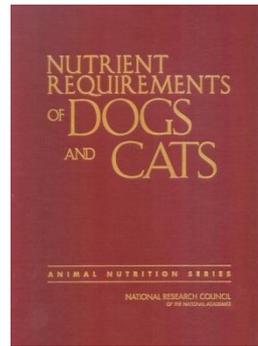
**Energia química advinda da oxidação orgânica de compostos (proteína, carboidratos e gorduras), não tem massa ou dimensões mensuráveis, porém a energia química contida nos alimentos é transformada pelo corpo em calor, e então pode ser medida**

1 caloria = energia necessária para elevar 1 g de água de 14,5 a 15,5 C

1 kcal = 1.000 cal

1 cal = 4,184 joules

# Conceitos básicos



Leis da termodinâmica –  
1ª lei da termodinâmica

Balanço energético

Balanço positivo

Balanço negativo



# 2.

---

## Métodos de mensuração das exigências de energia



# Determinando as necessidades energéticas

---

As necessidades energéticas de um animal podem ser determinadas medindo com precisão a ingestão de energia e o gasto de energia

Essas medidas são as únicas maneiras de determinar com precisão a necessidade de energia de cada animal

# Determinando as necessidades energéticas

---

Os dados dessas medições foram utilizados para desenvolver equações para prever as necessidades dos animais

Medir a ingestão de energia em um animal com peso estável é a melhor maneira de determinar a necessidade de energia de manutenção do animal

# Determinando as necessidades energéticas (animais em crescimento)

Para determinar os requisitos de energia de manutenção tem sido alimentar os animais com uma variedade de consumos de energia e medir a mudança no peso corporal

A energia da ingestão pode então ser plotada contra a mudança no peso corporal e as equações de regressão podem ser usadas para ajustar uma linha ou curva através dos pontos de dados

O ponto em que a mudança no peso corporal é igual a zero é o requisito de energia de manutenção

# Vantagens e desvantagens

---

## Vantagens

Não requer equipamentos de laboratório caros e são necessárias apenas balanças para pesar o alimento e o animal

## Desvantagens

Demorado, pois as medições precisam ser concluídas por um período suficiente para garantir que o animal seja realmente estável em peso

# Calorimetria direta

---

A calorimetria direta também tem sido usada como um método para determinar os requisitos de energia

A calorimetria direta mede a produção de calor pelo animal para determinar o gasto de energia e as necessidades de energia

Funciona porque, na manutenção, a energia consumida é gasta e liberada como calor (sem ganho líquido de energia corporal)

# Calorimetria direta

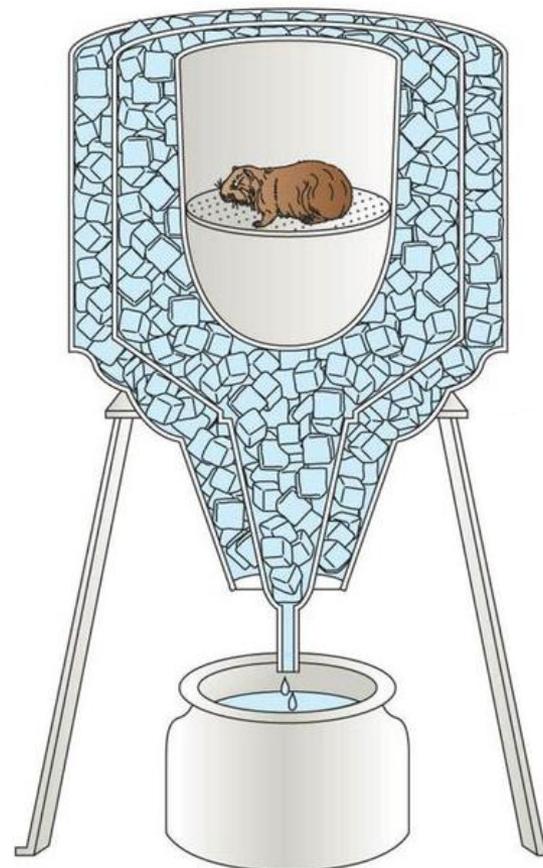
---

Câmara cercada por sondas de temperatura ou um equipamento térmico que absorve o calor

A taxa de kcal ou kJ por unidade de tempo e é igual ao gasto energético - mudança de temperatura pelo equipamento (ou sonda) é proporcional à produção de calor pelo animal

# Calorimetria direta

- Calorímetro direto de Lavoisier
- Para provar que a oxidação era a fonte de calor em animais, Lavoisier construiu, juntamente com Laplace, o primeiro calorímetro direto para animais
- A mudança de temperatura na saída mede diretamente o calor produzido pelo animal



# Calorimetria direta

---

## Desvantagens

Sistemas são caros e requerem experiência

Além disso, o ambiente no calorímetro pode ser muito diferente das condições normais de alojamento do animal

A calorimetria direta também não pressupõe armazenamento de energia ou calor no animal e que toda a energia transferida do animal ocorre como calor

- Existem relativamente poucos calorímetros diretos de animais, e esse método não tem sido comumente usado para determinar as necessidades de energia em cães e gatos

## Calorimetria indireta

---

Lavoisier – também desenvolveu o princípio da calorimetria indireta ao medir a quantidade de gás carbônico produzida pelo animal durante o mesmo período da calorimetria direta

A calorimetria indireta é um método frequentemente usado para medir o gasto energético em cães e gatos

A calorimetria da respiração indireta mede o consumo de oxigênio e / ou a produção de dióxido de carbono e o gasto de energia é calculado a partir desses valores

# Calorimetria indireta

---

A calorimetria da respiração indireta funciona porque o calor liberado (kcal ou kJ) durante a oxidação de um nutriente / substrato de partícula é constante

A proporção de dióxido de carbono produzido em relação ao oxigênio consumido ( $\text{CO}_2 / \text{O}_2$ ) é denominada quociente respiratório, e isso indica quais substratos estão sendo oxidados e a quantidade de calor liberada por litro de oxigênio consumido e litro de dióxido de carbono produzido

# Calorimetria indireta

Três métodos são comumente usados para calorimetria indireta

**Câmara de calorimetria**

**Máscara facial**

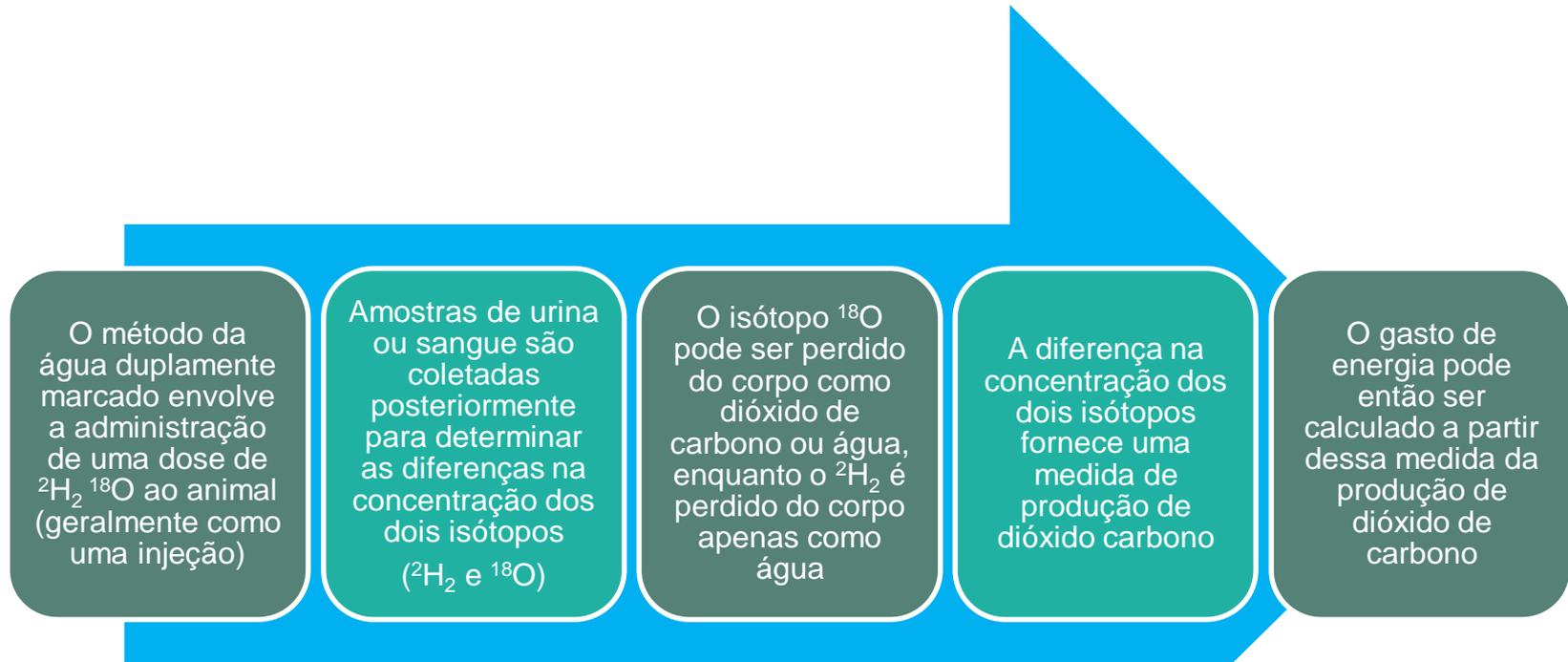
**Água duplamente marcada**

Colocação do animal em uma câmara selada. A taxa de fluxo de ar através da câmara é cuidadosamente regulada e o conteúdo de  $O_2$  e  $CO_2$  do ar de entrada e saída é medido

Colocação de uma máscara selada sobre a boca e as narinas do animal

O fluxo de ar através da máscara e o conteúdo de gás do ar que entra e sai da máscara são medidos

# Calorimetria indireta - água duplamente marcada



Isótopo - um mesmo elemento, cujo núcleo atômico possui o mesmo número de prótons, mas números de nêutrons diferentes

# Calorimetria indireta

---

## Vantagens

- Medida muito precisa do gasto de energia e, conseqüentemente, os requisitos de energia para manutenção
- As medições podem ser concluídas no ambiente doméstico do animal
- Fornecem uma medida do gasto de energia durante um curto período, e os valores do gasto de energia em repouso podem ser obtidos de animais adequadamente adaptados em questão de minutos ou horas

## Desvantagens

- Caro e requer conhecimentos para operar

# 3.

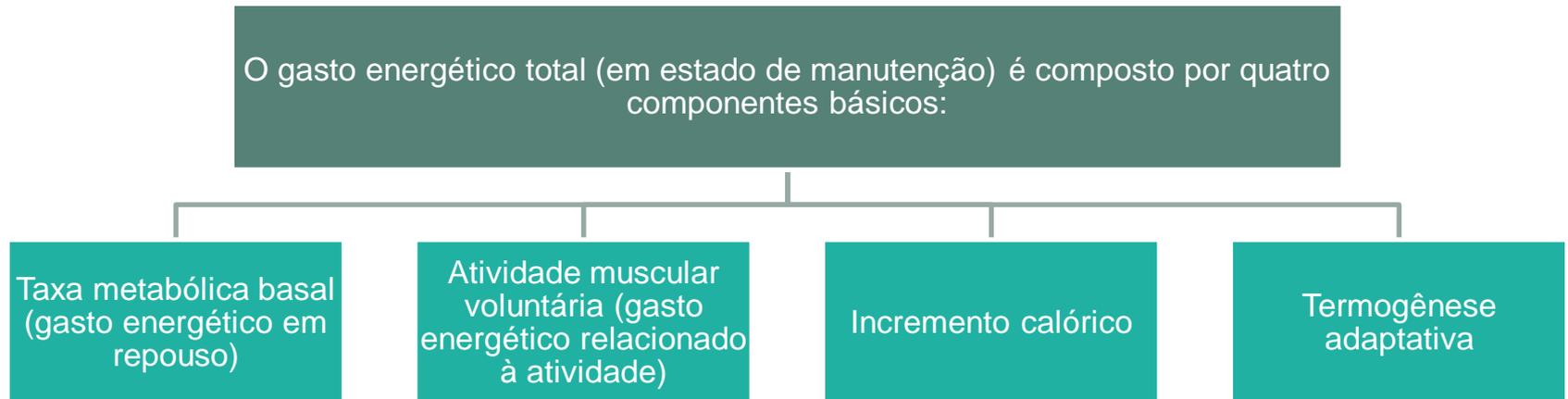
---

**Fatores que  
afetam as  
exigências de  
energia**



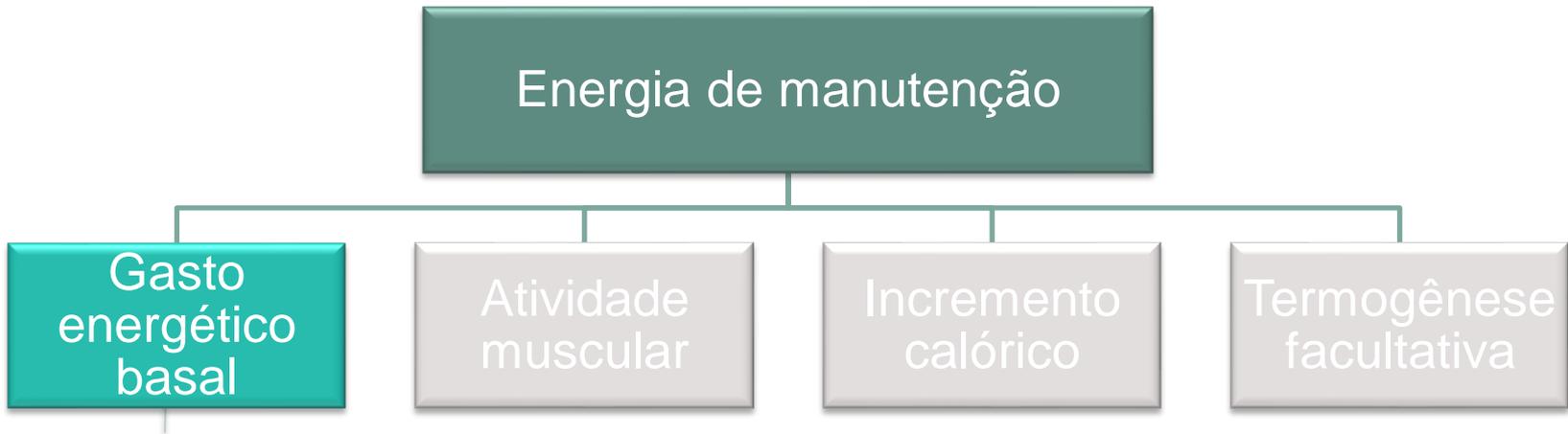
# Fatores que afetam as exigências de energia

- As necessidades energéticas variam consideravelmente entre cães e gatos individualmente, mesmo entre animais mantidos nas mesmas condições



Fatores afetam as exigências de energia....

# Componentes do gasto energético



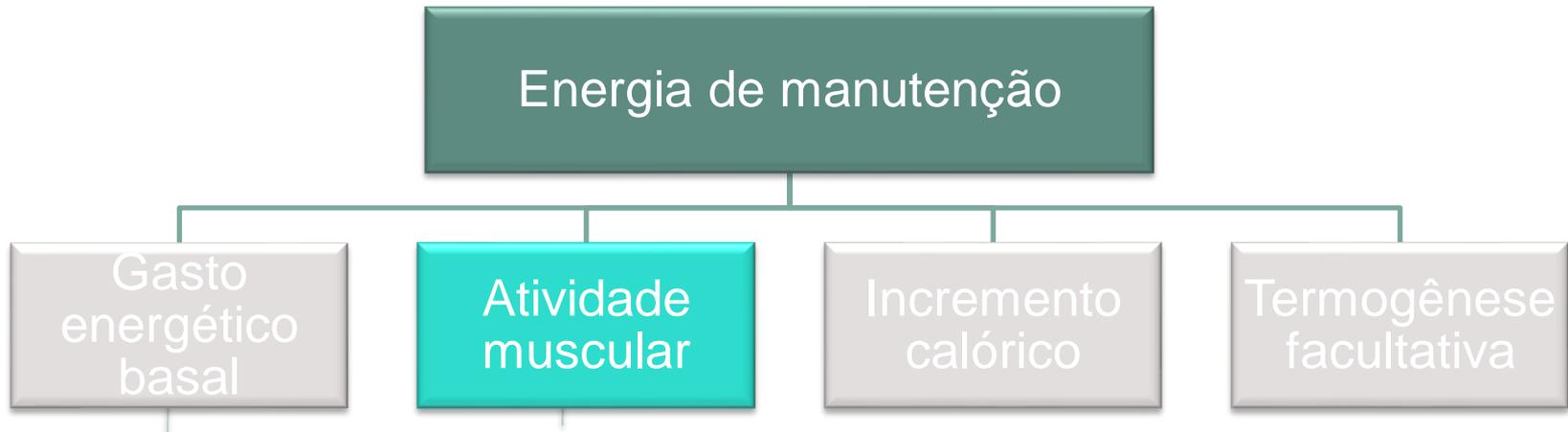
Energia necessária para manter a homeostase de um animal em estado pós-absortivo (idealmente após um jejum durante a noite) que está deitado, mas acordado em um ambiente termoneutro livre de estresse ao qual foi aclimatado

Custo energético da manutenção da homeostase - estado de estabilidade interna

À medida que a massa corporal magra de um animal e a área de superfície corporal aumentam, a TMB (taxa metabólica basal) aumenta proporcionalmente

A taxa metabólica basal, é geralmente o maior componente do gasto energético total e frequentemente responde por mais de 50% do gasto energético

# Componentes do gasto energético



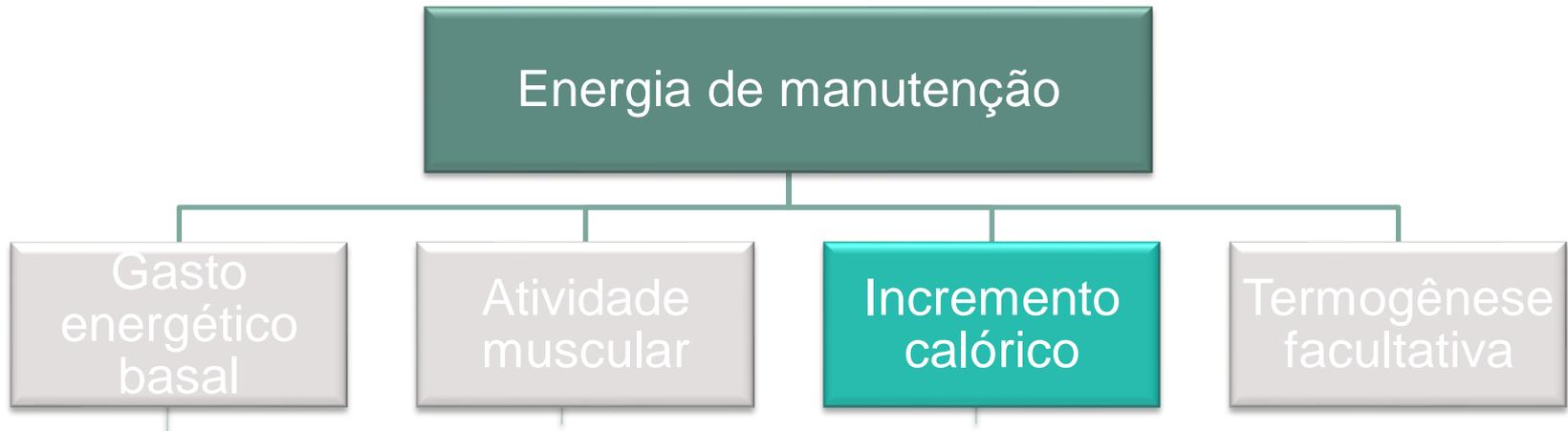
Atividade muscular voluntária (ou gasto de energia relacionado à atividade)

Gasto de energia associado ao exercício muscular e pode ser responsável por até 30% do gasto diário de energia

Atividade física é altamente variável, tanto entre animais (cão de trabalho x um sedentário x cão em apartamento) e do próprio animal (dia de intenso trabalho vs. dia de descanso)

O custo de energia de qualquer tipo de atividade de sustentação de peso, como caminhar ou correr, aumenta à medida que o peso corporal aumenta – o aumento no tecido corporal magro aumenta a taxa metabólica basal

# Componentes do gasto energético



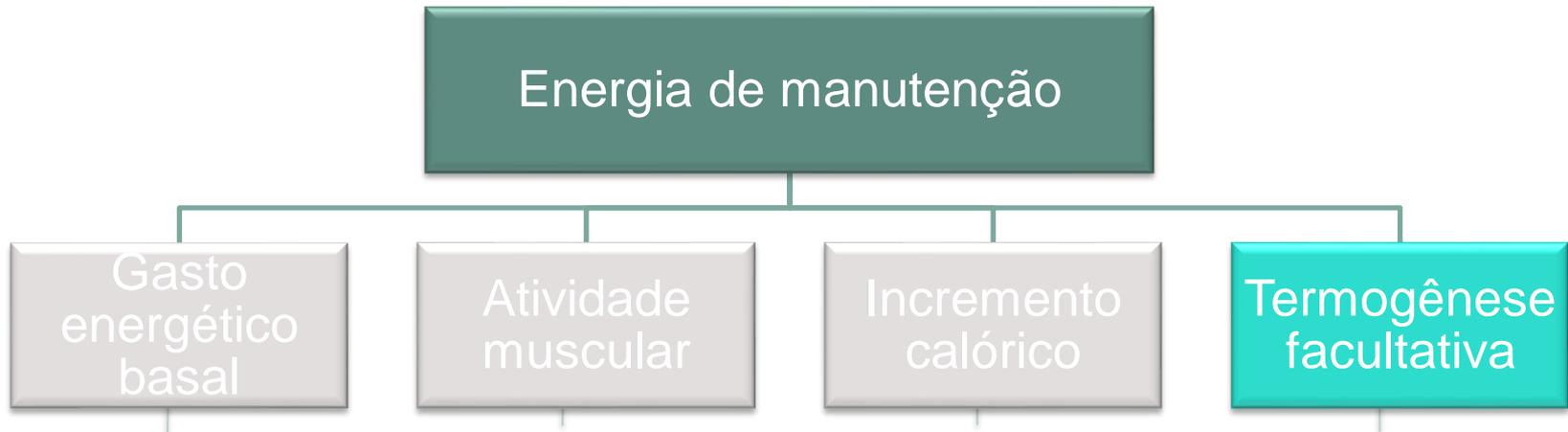
Gasto de energia associado à ingestão, digestão, assimilação e metabolismo dos alimentos -  
Termogênese induzida pelo alimento

Não é útil, mas contribui para a manutenção da temperatura do corpo - ambiente frio

Incremento de calórico é responsável por 10-15% despesas diárias

A magnitude de incremento calórico é dependente tanto do tamanho da refeição quanto da composição dos nutrientes da refeição (proteína > carboidratos > gordura)

# Componentes do gasto energético



O aumento do gasto energético associado com frio ou estresse por calor (e ocasionalmente, outras formas de stress)

Neutralidade térmica

Cães adultos entre 20 °C - 35 °C (NRC 2006)

Gatos 30 °C e 38 °C (NRC 2006)

Cães e gatos errantes que experimentam temperaturas fora de sua zona termoneutra, a termogênese adaptativa pode ser um dos grandes contribuintes para o gasto energético

# Principais fatores que influenciam em cada um dos componentes energéticos e afetam o gasto energético

<b>Componente</b>	<b>Fatores</b>
<b>Taxa metabólica basal</b>	Sexo Status reprodutivo e hormonal Composição corporal Superfície corporal Status nutricional Idade
<b>Atividade muscular voluntária</b>	Grau Intensidade e duração do exercício Tamanho e peso do animal
<b>Termogênese induzida pelo alimento</b>	Composição calórica e nutricional da dieta
<b>Termogênese adaptativa</b>	Temperatura do ambiente Estresse

# 4.

---

## Bioenergética e metabolismo energético do cão e do gato

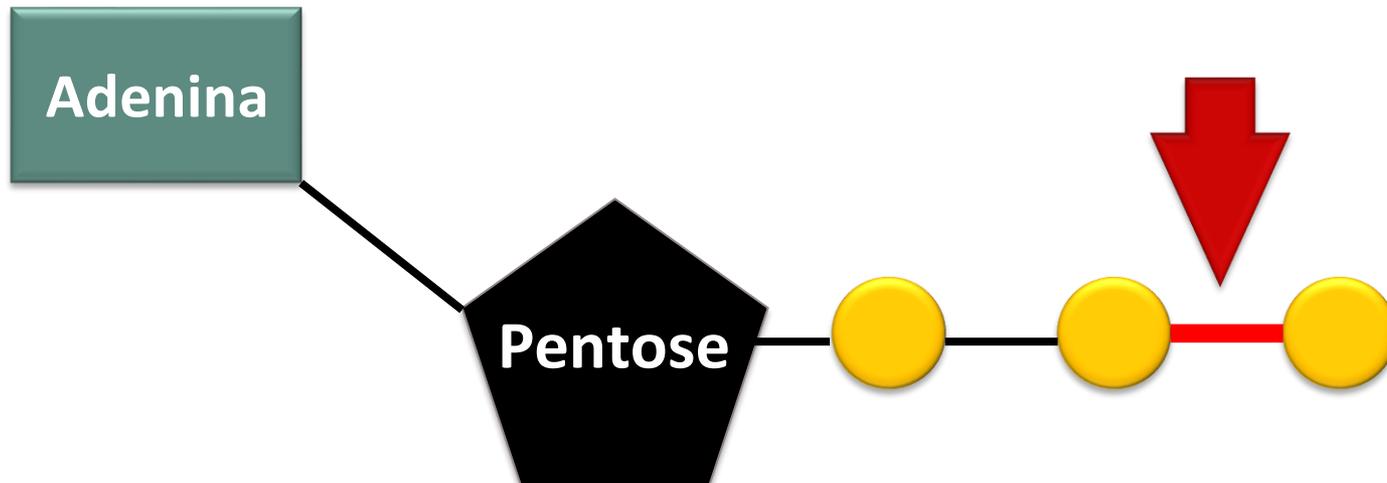


# Metabolismo geral



# “Moeda” primária de energia

- Nas ligações químicas entre os fosfatos da molécula de ATP
- Energia é liberada pela quebra de ATP em adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico (Pi)



# Obtenção de energia

---

- Carboidratos, lipídios e proteínas são as 3 principais fontes de energia para a maioria dos organismos vivos
- Os processos desenvolvidos para degradar esses compostos, que podem ser enquadrados em 3 fases principais



# Fase 1

---

É a “digestão dos alimentos” de natureza hidrolítica

Exemplos...

- Polissacarídeos são hidrolizados em monossacarídeos
- Triglicerídeos são hidrolizados em glicerol e ácido graxos
- Proteínas degradadas nos aminoácidos constituintes

## Fase 2

---

Os monossacarídios, glicerol, ácidos graxos e aminoácidos são posteriormente degradadas a:

O glicerol após ser convertido em **piruvato** pela sequência glicolítica dará origem a **acetil-CoA**

O mesmo ocorre com os carboidratos

Os ácidos graxos pela beta-oxidação se transformam em **acetil-CoA**

Os 20 aminoácidos integrantes das proteínas, dependendo do seu esqueleto carbônico podem dar formação á **piruvato**, **acetil-CoA**, **ácido-cetoglutarico** e **ácido oxaloacético**

## Fase 3

---

Os 3 compostos  
chaves formados  
(acetil-CoA, ácido alfa-  
cetoglutárico e ácido  
oxaloacético)

Serão oxidados pelo  
Ciclo de Krebs  
mediante a redução  
de apenas 2 tipos de  
coenzimas (DPNH +  
H<sup>+</sup> e FADH<sub>2</sub>)

Que ao serem  
reoxidadas na Cadeia  
Respiratórias, às  
custas do oxigênio  
molecular, propiciam a  
“fosforilação oxidativa”

## Gliconeogênese

Esta via consiste na produção de glicose à partir de compostos que não são carboidratos (aminoácidos, lactato e glicerol)



# 5.

---

**Peso metabólico a  
base para  
estimativa das  
necessidades  
energéticas de  
cães e gatos**



# Energia do alimento x necessidades energéticas

---

Todo animal tem que ter suprida sua necessidade energética

Todos os sistemas de alimentação visam suprir as necessidades energéticas dos animais

Capacidade do alimento suprir a necessidade...

# Recomendações e equações

---

Fornecer recomendações alimentares satisfatórias - desafio contínuo

Nenhuma fórmula única permitirá calcular as necessidades todos os cães ou gatos

Toda equação prevê apenas uma média teórica para um grupo específico de animais

A utilização de equações pode ser uma ferramenta extremamente importante na nutrição de cães e gatos

# Equações

---

O peso corporal é o componente primário usado em todas as equações de cálculo dos requisitos de energia de manutenção

Animais maiores têm um maior gasto de energia

No entanto, gasto de energia \ peso corporal - grande os animais têm um gasto energético menor do que pequeno animais

No século 19, os cientistas propuseram que o gasto de energia foi relacionado com a área de superfície do corpo



# Equações

---

Rubner (1883) propôs que a perda de energia é constante em  $1.000 \text{ kcal} / \text{m}^2$  de superfície corporal

Equações desenvolvidas = corpos são geometricamente semelhantes, e a área de superfície está relacionada com o peso <sup>(0.67)</sup>  
(Blanc et al 2003;. Hill e Scott 2004)

Assim a necessidade energética não está diretamente relacionada somente ao peso corporal, mas ao peso corporal elevado a uma potência (p), que corresponde ao peso metabólico



# Gasto energético basal

- 1930
- Brody, da Universidade de Missouri
  - Diversos animais

$$\text{Metabolismo basal (kcal/day)} = 70 \times \text{kg BW}^{0,734}$$

- Animais adultos
- Kleiber, Universidade da Califórnia
  - Animais adultos

$$\text{Gasto energético de repouso} = (\text{kcal / dia}) = 70 \times \text{kg PV}^{0,75}$$

- Embora Brody e Kleiber tenham usado o termo "metabolismo basal" - gasto de energia em repouso - provavelmente não foram atendidos os requisitos rigorosos para medir a taxa metabólica basal

# Gatos

---

Para gatos o peso e a forma do corpo não variam tão muito entre as raças

O NRC propõe a utilização do expoente  $0,67$  (intra-específico) que evitaria a superestimação das necessidades em animais mais pesados

No entanto, animais com sobrepeso devem utilizar o expoente de  $0,4$  já que o tecido adiposo possui uma taxa metabólica bem menor do que o muscular e consequentemente diminui as necessidades energéticas do animal

Para felídeos e gatos exóticos, no entanto, recomenda-se a utilização de  $0,75$

# 6.

---

## Partição de energia



# Partição de energia

---

Aproveitamento de energia por qualquer espécie animal nunca é de 100%

Durante a oxidação dos nutrientes, ocorrem perdas nas fezes, na urina, nos gases provenientes de fermentação e no próprio metabolismo (incremento calórico)

Eficiência de utilização seja diferente, dependendo do alimento e da capacidade que o sistema digestivo daquela espécie tem em utilizá-lo

Dessa forma, a partição energética leva à classificação da energia em energia bruta, digestível, metabolizável e líquida

# Energia bruta

---

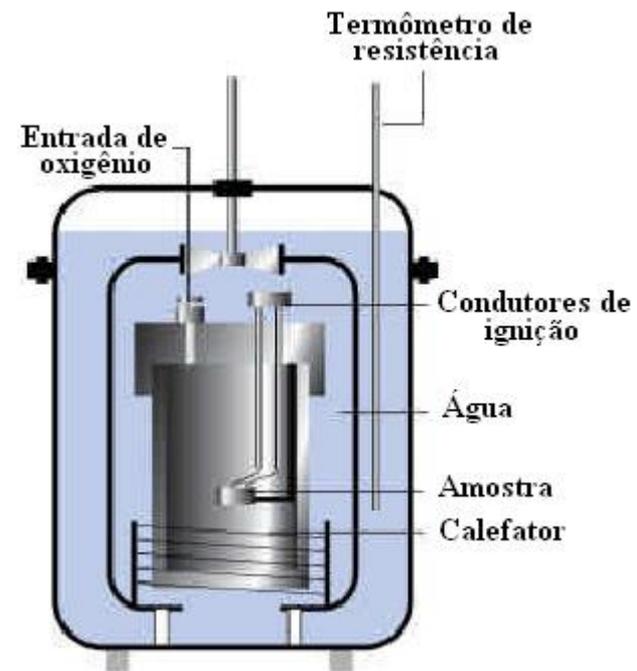
Energia bruta (EB) é a quantidade de calor que é liberada de uma determinada quantidade de alimento após combustão completa em bomba calorimétrica (NRC, 2006)

A energia bruta não é uma medida biológica, mas física, e representa a energia máxima de uma dieta ou alimento

A energia bruta não fornece muitas informações sobre a energia disponível para o animal, uma vez que os alimentos não são totalmente digeridos e a energia é perdida nas fezes, na urina e no calor produzido durante a digestão e a assimilação dos nutrientes da dieta

# Partição de energia

## E. Bruta



E. Bruta



Fezes

E. Digestível



# Energia digestível e metabolizável

---

## Energia digestível (ED)

- Significa a quantidade de energia disponível para absorção através da mucosa intestinal
- É uma medida “aparente”, uma vez que as fezes contêm energia de outros produtos que não o alimento (microrganismos, enzimas digestivas, células intestinais, muco, etc.)

E. Bruta



Fezes

E. Digestível



Gases e Urina

E. Metabolizável

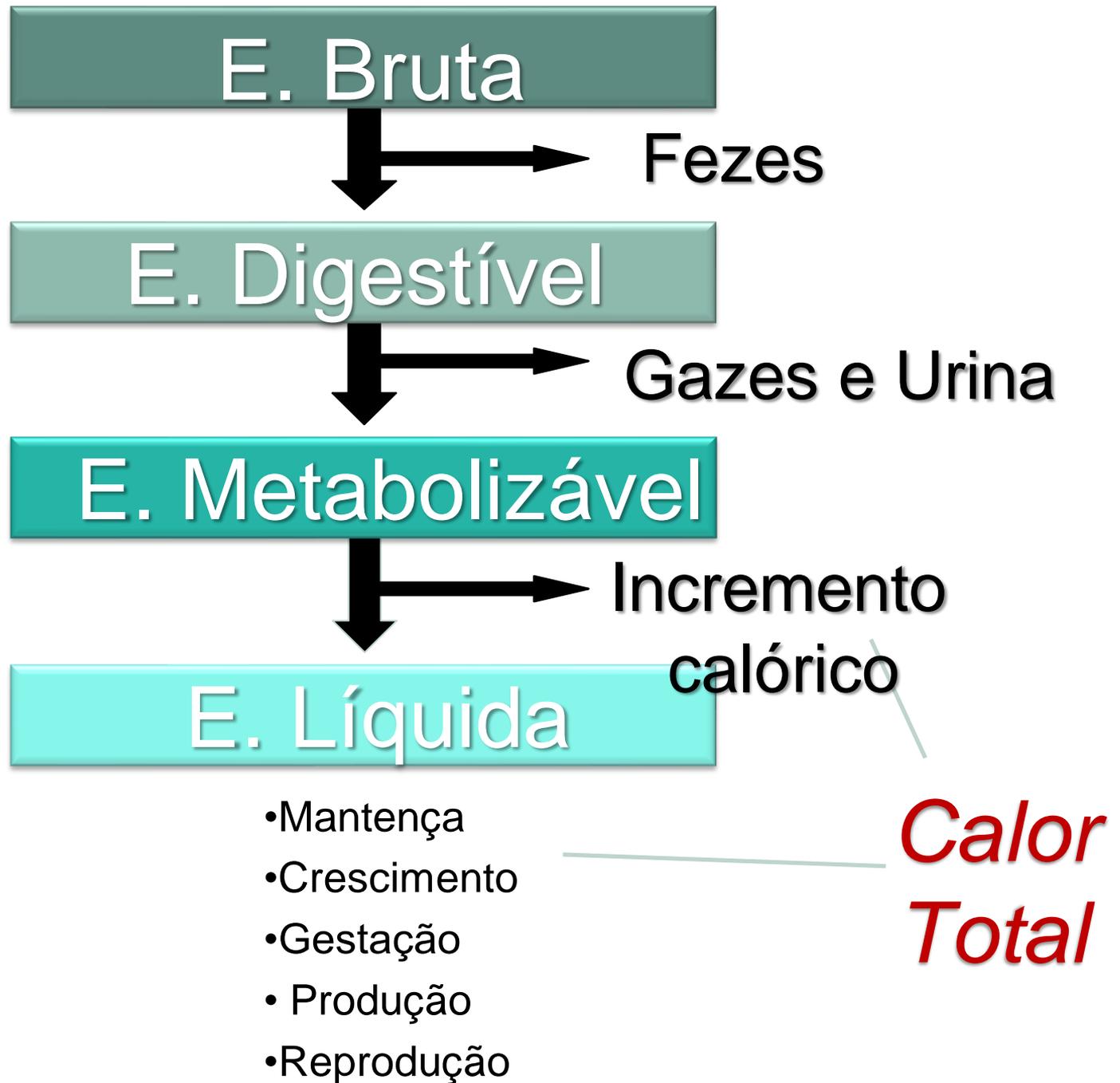


# Energia digestível e metabolizável

---

## Energia metabolizável (EM)

- Quantidade de energia disponível aos tecidos do corpo depois que as perdas de urina e dos produtos gasosos foram subtraídas da EB do alimento
- Produtos gasosos - em cães e gatos, esta perda é mínima e geralmente não é registrada



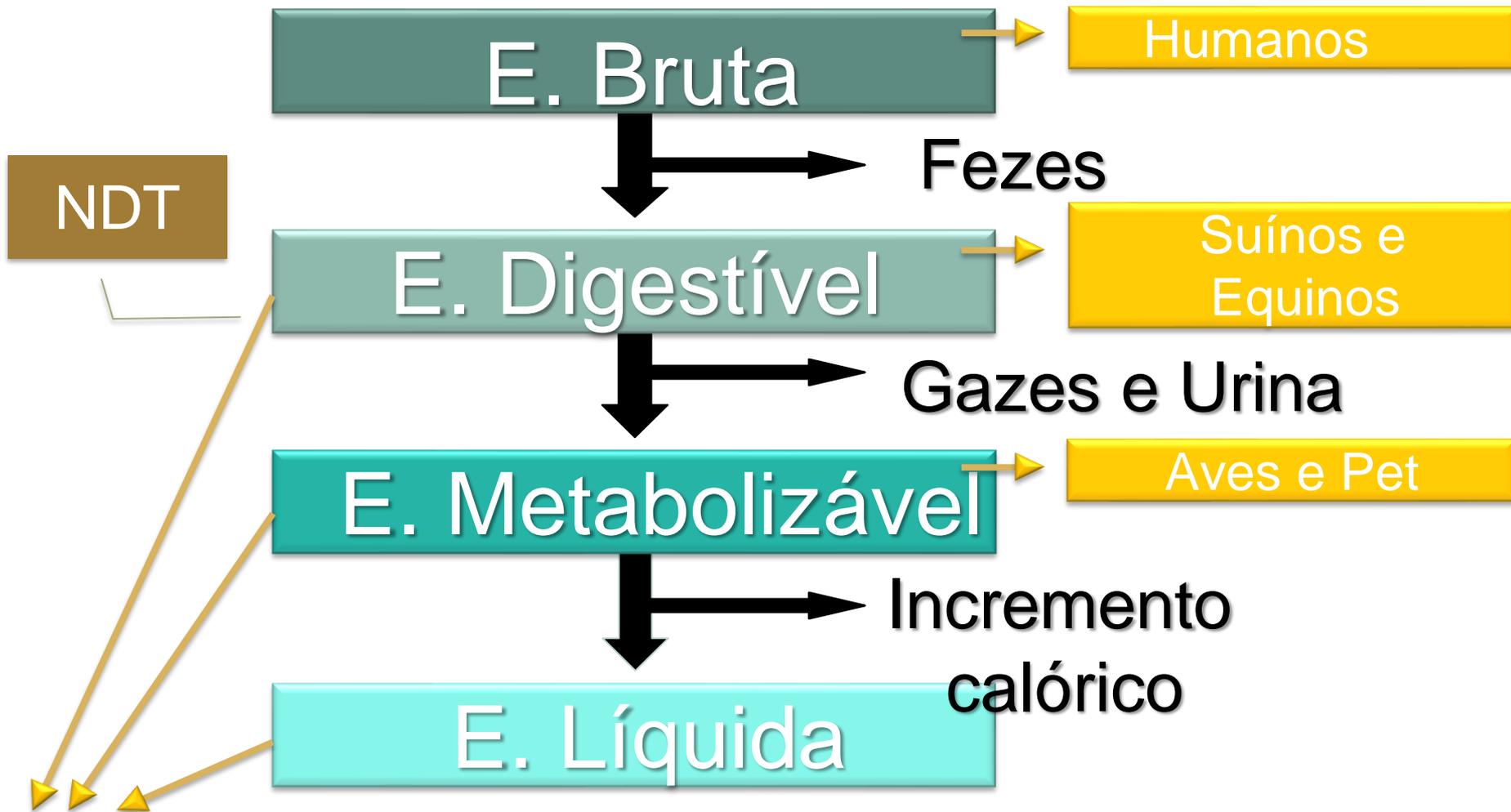
## Energia líquida

---

### Energia líquida (EL)

Energia disponível para a manutenção dos tecidos corporais e para as necessidades de produção, como trabalho físico, crescimento, gestação e lactação

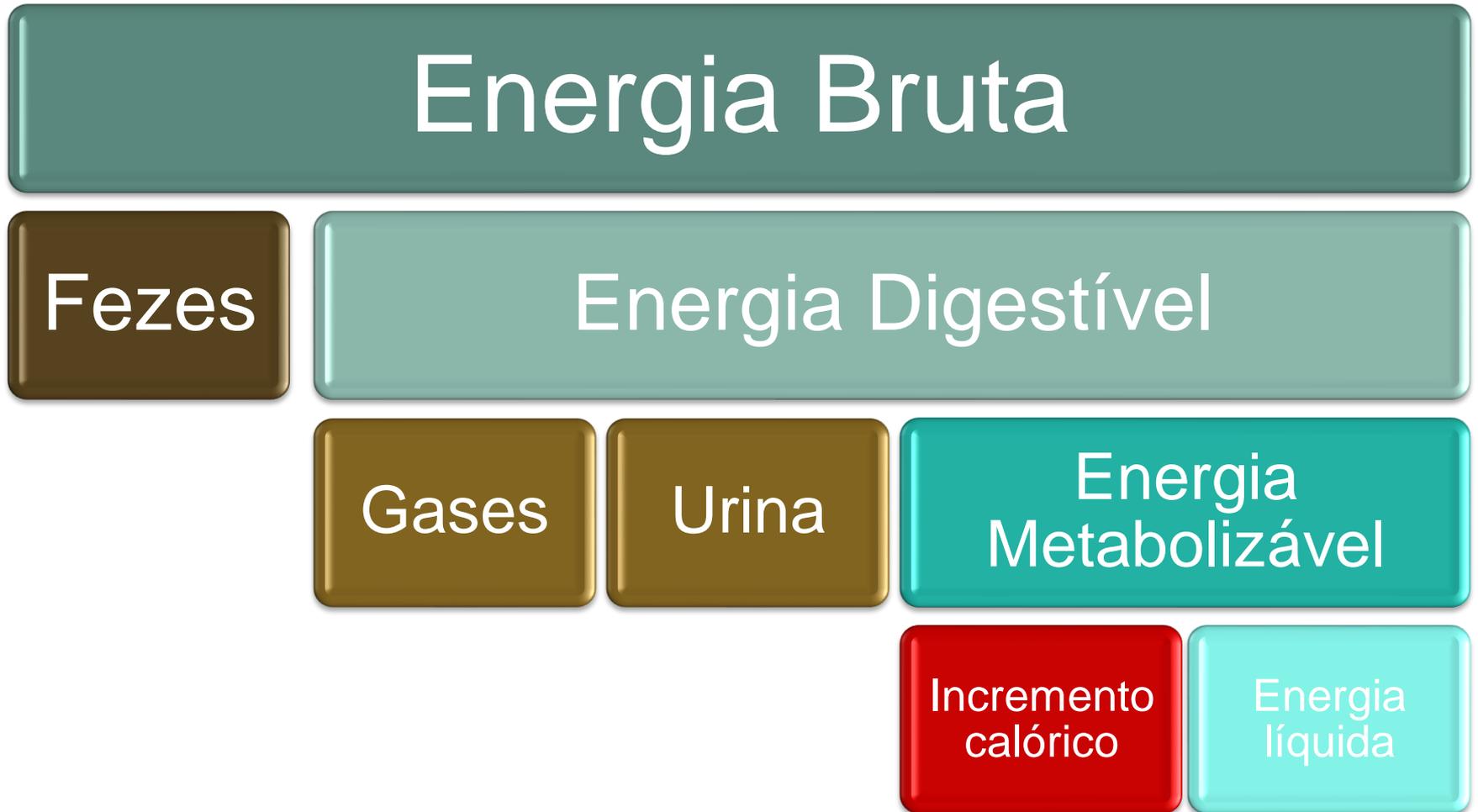
Em cães e gatos, utilizam-se os sistemas que consideram a energia digestível e **metabolizável**



Ruminantes

- Manutença
- Crescimento
- Gestação
- Produção
- Reprodução

# Resumindo



# Outro conceito de fluxo de energia

---

Os ecossistemas são sistemas abertos caracterizados pelas entradas e saídas de energia

Este fluxo de energia é fundamental para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas e é expresso como a quantidade de energia que flui entre os organismos de uma comunidade biológica

A principal fonte de energia é proveniente do sol

Os organismos fotossintetizantes, como as plantas e algas, transformam esta energia solar em energia química, utilizando-a na síntese de matéria orgânica através do processo de fotossíntese

# Outro conceito de fluxo de energia

---

Assim, os produtores (autróficos), que formam a bases das cadeias alimentares, ocupam o 1º nível trófico, os consumidores primários ocupam o 2º nível, os consumidores secundários o 3º nível e assim sucessivamente

Há também os seres que reciclam a matéria orgânica (decompositores)

O nível trófico que uma espécie ocupa diz respeito a sua função em determinada cadeia, por isso a mesma espécie pode ocupar diferentes níveis tróficos dependendo da cadeia considerada

# Muito obrigado

Dúvidas?

---

[thiago.vendramini@usp.br](mailto:thiago.vendramini@usp.br)

