

# Princípios de Nutrição de Peixes

## Parte 1

**Ana Paula Oeda Rodrigues**

*Pesquisadora Embrapa Pesca e Aquicultura*

*Nutrição e Alimentação de Espécies Aquícolas*



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Nutrição e Alimentação

Alimentação

Nutrição



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Sucesso do Cultivo

1. Produtividade
2. Qualidade da água
3. Saúde
4. Qualidade do Produto Final
5. Custo da Produção



Giovani Bergamin



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Diferença Peixes e Animais Terrestres

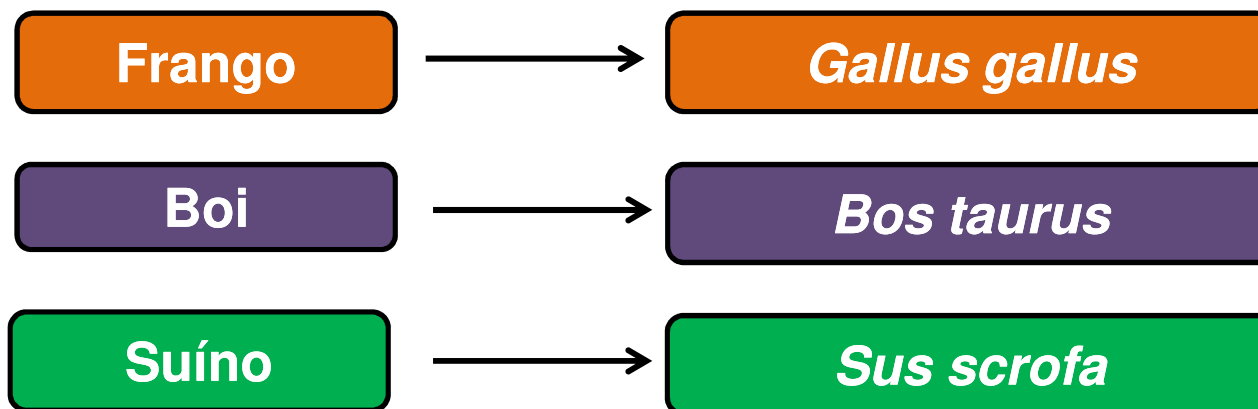
1. Espécies
2. Ambiente
3. Metabolismo



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# I. Espécies



↑ *Diversidade de Espécies*

**Nutrição Espécie-Específica!**



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



## II. Meio Aquático

1. Ambiente de Cultivo ↔ Qualidade Água
2. Contribuição do Alimento Natural e Minerais Hidrossolúveis (Viveiros)
3. ↑ Perda dos Nutrientes se não Consumido Imediatamente
4. Peixe não se alimenta à vontade → Alimentador é quem decide a hora e quantidade de alimento a ser fornecida!
5. Avaliação Consumo → Ração Flutuante!



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# III. Metabolismo

## 1. Maior Exigência Ácidos Graxos Insaturados Ômega-3

- Manutenção da fluidez da membrana celular (temperaturas baixas)

## 2. Menor Exigência Energética

- Manutenção temperatura corporal (Ectotérmicos)
- Locomoção
- Excreção nitrogenada



## 3. Maior Eficiência de Utilização dos Nutrientes



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# III. Metabolismo

Animal	Composição da Dieta		Eficiência Alimentar		
	Proteína (%)	Energia (kcal/g)			
Bagre-do-canal	32	2,7			
Frango de corte	18	2,8			
Gado de corte	11	2,6			

Fonte: Lovell (1998) adaptado de Lovell (1991)



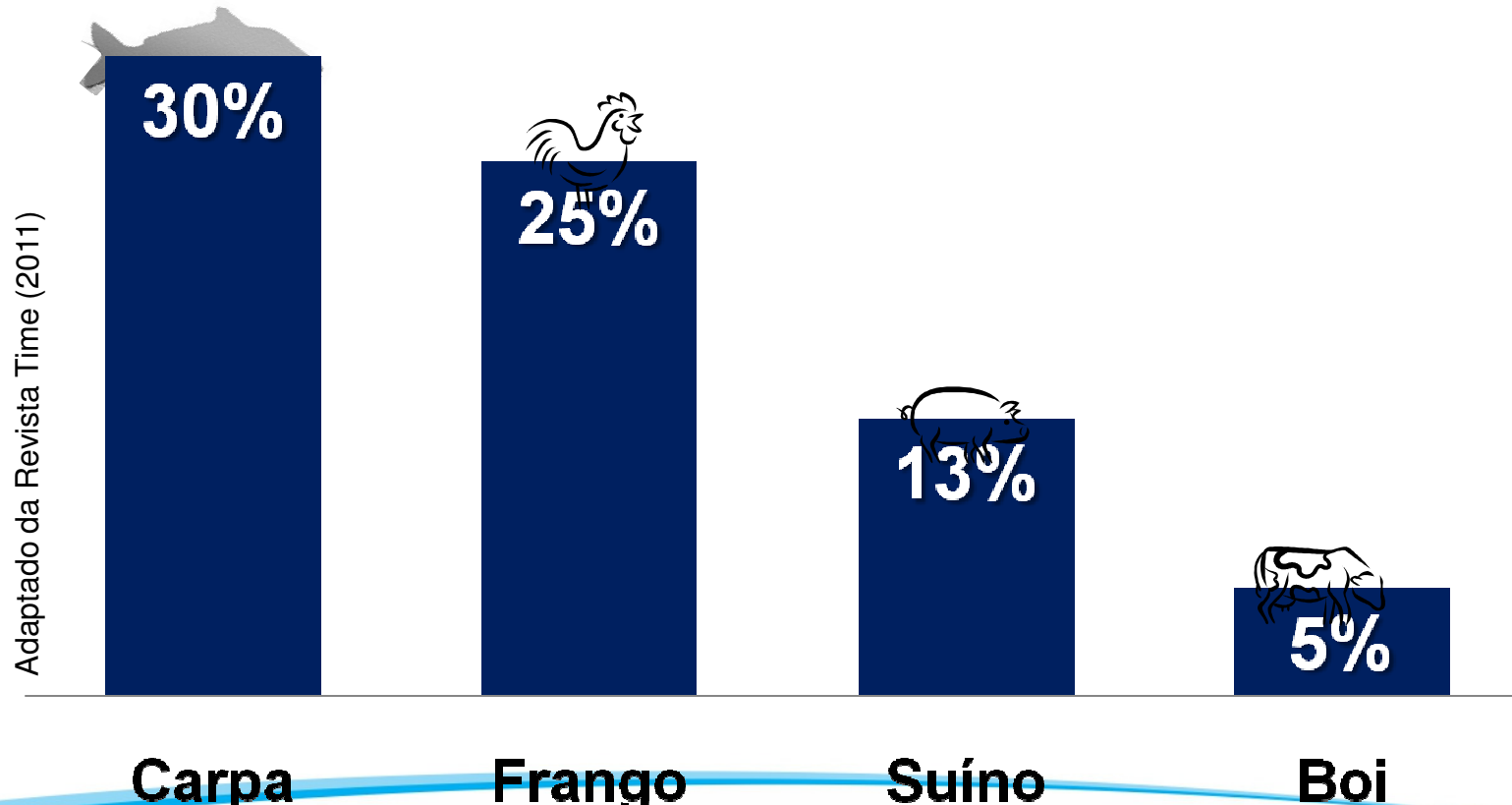
Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





# III. Metabolismo

*% Dieta Convertida em Proteína Animal*



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Hábitos Alimentares



← Capacidade de Aproveitamento Alimento Natural

Exigência Nutricional (\*Proteína\*)



← Velocidade Trânsito Gastrintestinal

Capacidade Armazenamento Alimento



← Número de Refeições Diárias

Tamanho da Boca; Tamanho Grânulos

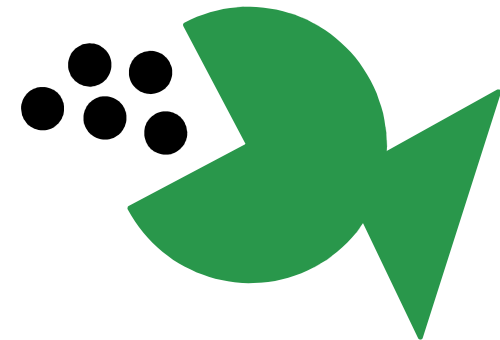


Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Exigências Nutricionais

1. Espécie
2. Fase de Desenvolvimento
3. Sexo e Estádio de Maturação Sexual
4. Sistema e Regime de Produção
5. Qualidade da Dieta



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Proteína e Aminoácidos

- **Nutriente de maior importância!**
- **Funções**
  1. Transporte O<sub>2</sub> (hemoglobina) e Fe (transferrina)
  2. Controle Metabolismo (hormônios)
  3. Movimento - contração muscular (actina e miosina)
  4. Catálise Reações Químicas (enzimas)
  5. Proteção Imunológica (anticorpos)
  6. Estrutural – Desenvolvimento Matriz Óssea e Tec. Conjuntivo (colágeno e elastina)

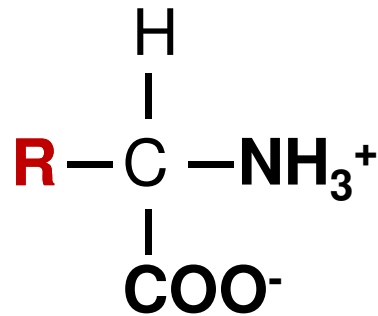


Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Proteína e Aminoácidos

- Balanço Adequado AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS!



1. Lisina
2. Metionina
3. Treonina
4. Fenilalanina
5. Leucina
6. Isoleucina
7. Histidina
8. Triptofano
9. Arginina
10. Valina

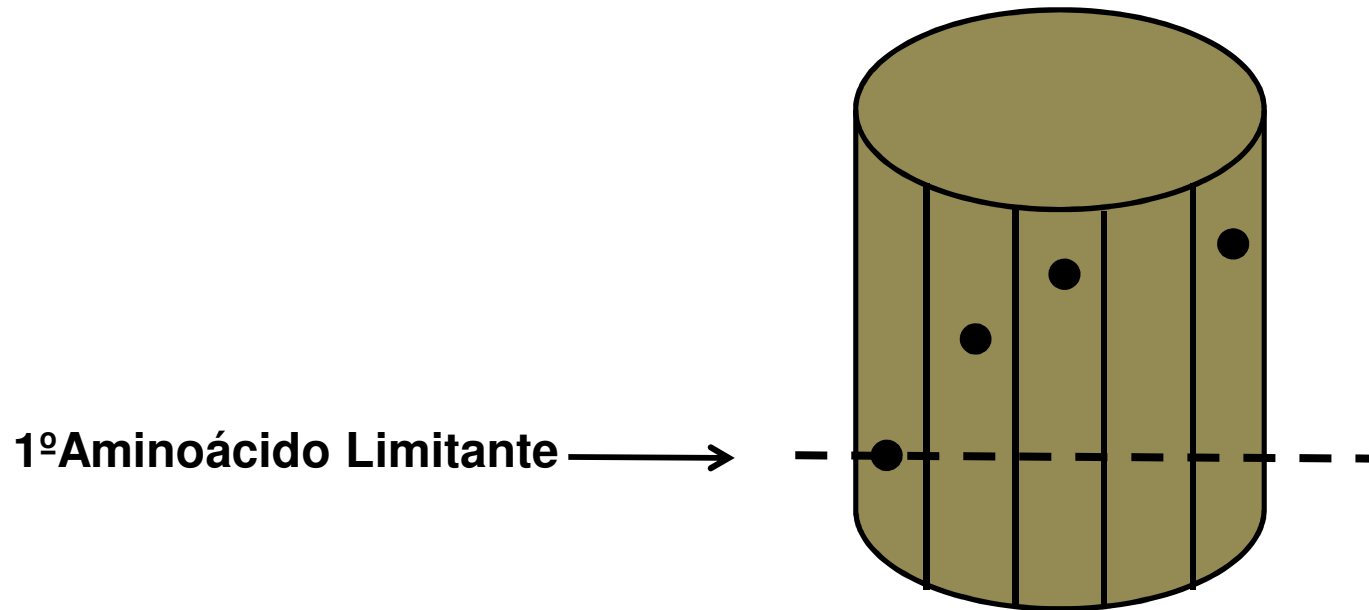


Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Proteína e Aminoácidos

- Atendimento Exigências Aminoácidos → Lei do Mínimo



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Proteína e Aminoácidos

- **Deficiência**

- ↓ Utilização da proteína
- Mobilização dos aminoácidos do músculo
  - ↓ Crescimento, Eficiência alimentar, Resistência a doenças

- **Excesso**

- Distúrbios metabólicos de toxicidade
- Antagonismo entre aminoácidos



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Proteína e Aminoácidos

- Atendimento exigência

1. Valor biológico da proteína

- Digestibilidade
- Perfil de Aminoácidos

- 2.



3. Qualidade e quantidade da fonte de energia não proteica



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





# Energia

- Manutenção das funções vitais

- Ocorrência reações químicas
- Formação e regeneração de tecidos
- Manutenção Equilíbrio Osmótico
- Movimentação das moléculas

- Não é nutriente!

Catabolismo		
Carboidratos	→	4,11 kcal/ g
Lipídios	→	9,44 kcal/ g
Proteínas	→	5,64 kcal/ g

NRC (1993)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





DIETA QUALIDADE!

A large orange arrow pointing downwards, containing the text 'DIETA QUALIDADE!' (Quality Diet!).



NRC (1993)

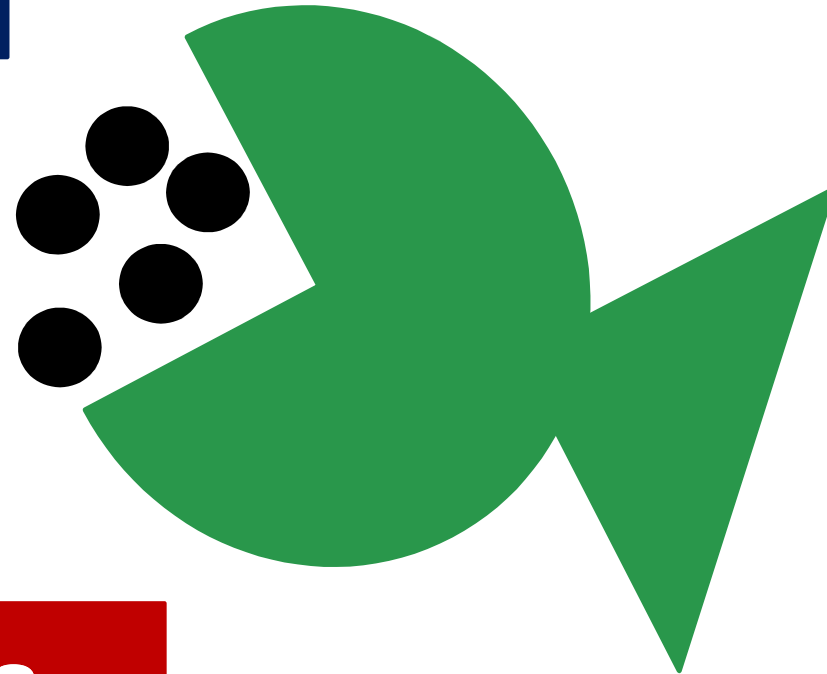


Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Proteína e Energia

INGESTÃO DIETA



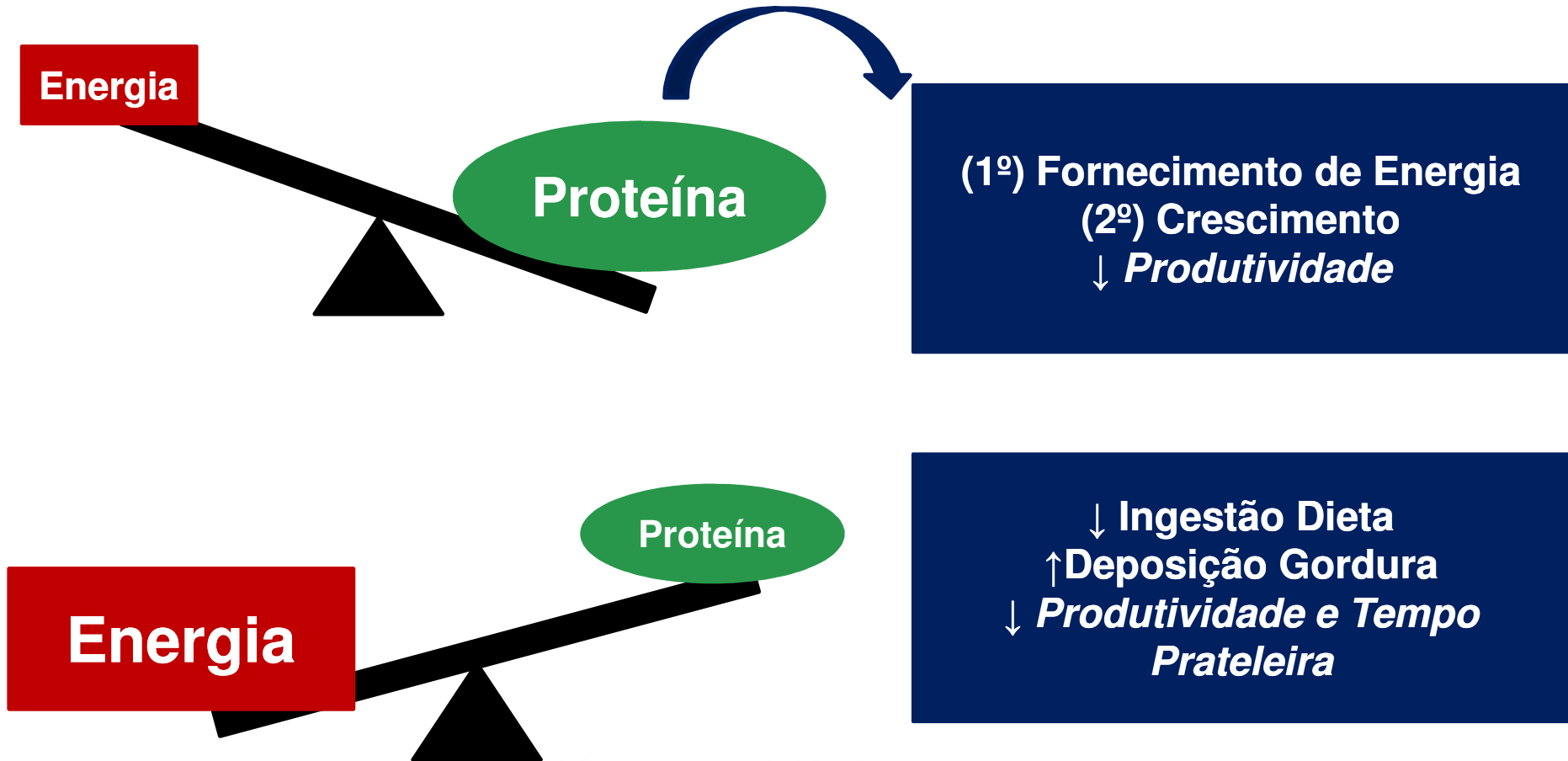
Energia



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Proteína e Energia



# Lipídios

- **Funções**

1. Fonte de energia (água marinha e fria)
2. Fonte de ácidos graxos essenciais (crescimento e desenvolvimento)
3. Transporte e absorção de vitaminas lipossolúveis
4. Constituinte da membrana celular (fosfolipídios)
5. Manutenção da fluidez das membranas
6. Precursores de eicosanoides (mediadores resposta imune)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Lipídios

## Ácidos graxos: R – COOH

- **Insaturados:**  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2)_7\text{-COOH}$  (linolênico)
- **Saturados:**  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_{14}\text{-COOH}$  (palmítico)

## Peixes:

1. Ácido linoleico – C18:2 n-6
2. Ácido araquidônico – C20:4 n-6
3. Ácido linolênico – C18:3 n-3
4. Ácido eicosapentaenoico (EPA) – C20:5 n-3
5. Ácido docosaexaenoico (DHA) – C22:6 n-3



# Lipídios

## Excesso de lipídios

- Fígado → cor amarelada, aparência gordurosa, aumento volume

## Deficiência de Ácidos Graxos Insaturados n-3

- ↓Crescimento e Desempenho Reprodutivo
- Depigmentação
- Erosão das nadadeiras
- Síndrome de choque (ADAPTAÇÃO HOMOVISCOSA)
- Miocardite

## Oxidação → Compostos Tóxicos

- Interfere Metabolismo Completo dos Lipídios
- Funções fígado e tecido hematopoiético renal
- Reagem com outros componentes da dieta
- **PREVENÇÃO É ESSENCIAL - USO DE ANTIOXIDANTES** (vitamina E, BHT, BHA etc.)



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Carboidratos

Exigência?



## Efeito Poupador Proteína e Lipídios

- Custo das rações
- Emissão de compostos nitrogenados na água (catabolismo de proteínas)

- **Amido:** aglutinação e expansão dos grânulos ração
- **Valor nutricional variável:**
  - Água doce e quente
  - Onívoras e herbívoras
  - Amido cozido
  - ~~Carboidratos estruturais (fibra)~~



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





# Carboidratos

- **Excesso**
  - Hiperglicemia
    - Salmonídeos → Letargia e Falta de Appetite
  - Hipergliconeogênese
  - Aumento da massa do fígado



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas

- **Regulação Metabolismo**
- Ambiente natural → Deficiência
- Relativa baixa exigência
  
- **15 Vitaminas essenciais**
  - 4 Lipossolúveis (A, D, E, K)
  - 11 Hidrossolúveis (Complexo B, biotina, niacina, ácido fólico, colina, inositol, vit. C)
  
- **Estabilidade na ração**
  - Luz, calor, umidade, oxigênio, acidez, alcalinidade, presença de microminerais
  - Formas protegidas de algumas vitaminas
  - Boas condições de processamento e armazenamento de rações



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Lipossolúveis – **Vitamina A**

- **Funções**

- Essencial para a visão (reação fotoquímica retina)
- Manutenção da secreção do muco pelos tecidos epiteliais (Integridade)
- Manutenção da resistência a infecções

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: exoftalmia, edema e ascite
- Salmonídeos: exoftalmia, desprendimento da córnea, degeneração da córnea e retina, ascite, perda de pigmentação da pele

- **Excesso**

- ↓Crescimento, erosão das nadadeiras, escoliose, lordose, mortalidade e fígado aumentado



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Lipossolúveis – **Vitamina D**

- **Funções**
  - Metabolismo Ca e P (manutenção dos níveis no sangue)
  - Síntese de proteínas transportadoras de Ca e P no sangue
  - Conversão do fósforo orgânico em inorgânico nos ossos
- **Deficiência**
  - Salmonídeos: tetania do músculo esquelético branco, prejuízo na homeostase de Ca
- **Excesso**
  - ↓Crescimento, letargia, coloração escura, piora conversão alimentar



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Lipossolúveis – **Vitamina E**

- **Funções**

- Antioxidante (vit. C e Se) protegendo vitaminas e ácidos graxos insaturados
- Manutenção da permeabilidade dos vasos capilares e músculos cardíacos
- Parece estar envolvida com a respiração celular e a biossíntese de DNA

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: baixo hematócrito, hemólise dos eritrócitos, distrofia muscular, peroxidação dos lipídios do fígado, ceroidose fígado, perda de pigmentação na pele
- Salmonídeos: anemia, eritrócitos fragmentados e de diferentes tamanhos, distrofia muscular, ascite, peroxidação dos lipídios do fígado, redução nas respostas imunológicas, perda de pigmentação da pele

- **Excesso**

- ↓Concentração de eritrócitos sanguíneos



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Lipossolúveis – **Vitamina K**

- **Função**

- Coagulação sanguínea (facilita a produção e/ou liberação de protrombina e tromboplastina)

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: hemorragias na pele e aumento no tempo para coagulação do sangue
- Salmonídeos: anemia e aumento no tempo para coagulação do sangue



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Ácido Ascórbico (C)**

- **Funções**

- Essencial para a síntese de colágeno, mucopolissacarídeos e condroitina sulfato
  - Manutenção da integridade do tecido conjuntivo, vascular e ósseo
- Metabolismo do ferro
- Ativação da vitamina D
- Junto com vitamina D: previne oxidação lipídios da dieta e dos tecidos corporais
- Reduz os efeitos nocivos de hormônios produzidos em situações de estresse

- **Larvicultura → rápida depleção**



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Ácido Ascórbico (C)**

- **Deficiência**

- Deformidades esqueléticas (absorção de Ca e síntese de colágeno)
  - *Lordose, escoliose*
- Exoftalmia hemorrágica e hemorragia intramuscular (*escorbuto*)
- Ascite, anemia
- Prejuízo cicatrização
- Resistência a doenças



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





# Vitaminas Hidrossolúveis – **Tiamina (B1)**

- **Funções**

- Metabolismo de carboidratos (coenzima)
- É ativadora de enzimas
- Essencial ao sistema nervoso

- **Deficiências**

- Bagre-do-canal: escurecimento da pele, perda de equilíbrio, hipersensibilidade, convulsões
- Salmonídeos: convulsões, perda de equilíbrio, baixa transcetolase



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Riboflavina (B2)**

- **Funções**

- Metabolismo energético carboidratos, ácidos graxos e aminoácidos (coenzima oxidases e redutases)
- Transporte do íon hidrogênio
- Processo de oxidação e redução

- **Deficiências**

- Bagre-do-canal: ↓crescimento
- Salmonídeos: cataratas, adesão de córnea, escurecimento da pele, ↓atividade da glutationala redutase dos eritrócitos



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – Piridoxina (B6)

- **Funções**

- Metabolismo de proteínas

- Descarboxilação e utilização dos aminoácidos
- Síntese do RNA<sub>m</sub> e da acetil-CoA

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: desordens nervosas, tetania

- Salmonídeos: convulsões, natação em espiral, respiração rápida



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Cianocobalamina (B12)**

- **Funções**

- Formação de hemácias sanguíneas
- Manutenção do tecido nervoso
- Síntese dos ácidos nucleicos
- Metabolismo do colesterol
- Metabolismo de carboidratos, lipídios e aminoácidos

- **Deficiências**

- Bagre-do-canal: baixo hematócrito
- Salmonídeos: anemia, eritrócitos pequenos e fragmentados



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Ácido Pantotênico (B3)**

- **Funções**

- Essencial → Metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos
- Síntese de fosfolipídios, ácidos graxos, hemoglobina, colesterol e hormônios esteróides

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: brânquias encurtadas e cobertas por excesso de muco, anemia, desintegração da pele, barbilhões e mandíbula inferior
- Salmonídeos: brânquias encurtadas e cobertas por excesso de muco, anemia, atrofia das células acinares pancreáticas, vacúolos e corpos hialinos nos túbulos renais



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Biotina**

- **Funções**

- Metabolismo de carboidratos, lípidios e proteínas
- Síntese de ácidos graxos e niacina
- Ativação dos lisossomos

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: perda de pigmentação da pele, anemia, ↓piruvato carboxilase do fígado
- Salmonídeos: degeneração das lamelas branquiais, lesões na pele, ↑gordura no fígado, ↓acetil-CoA e piruvato carboxilase, alteração na síntese de ácidos graxos, degeneração das células acinares no pâncreas



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Niacina**

- **Funções**

- Metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos
  - Liberação de energia

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: lesões na pele e nadadeiras, exoftalmia, anemia, deformação das mandíbulas
- Salmonídeos: lesões na pele e nadadeiras, lesões no cólon, anemia, fotossensibilidade



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Ácido Fólico**

- **Funções**

- Metabolismo de proteínas
  - Síntese de alguns aminoácidos
  - Síntese de hemoglobinas

- **Deficiência**

- Salmonídeos: anemia, brânquias pálidas, eritrócitos aumentados e segmentados



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





# Vitaminas Hidrossolúveis – **Colina**

- **Funções**

- Componente essencial da acetil-CoA
- Manutenção da estrutura celular (componente dos fosfolipídeos)
- Manutenção do impulso nervoso (componente da acetilcolina-neurotransmissor)
- Síntese de metionina (doador de metil)

- **Deficiência**

- Bagre-do-canal: ↑gordura no fígado e intestino e rins hemorrágicos
- Salmonídeos: ↑gordura no fígado



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Vitaminas Hidrossolúveis – **Inositol**

- **Funções**

- Importante componente do tecido esquelético, cerebral e cardíaco (fosfolipídios de inositol)
- Possivelmente envolvido no transporte de colesterol no fígado, síntese de RNA e crescimento das células

- **Deficiência**

- Salmonídeos: demora no esvaziamento gástrico, ↓transaminase e colinesterase, ↑gordura no fígado, ↓fosfatídios



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Minerais

- **Água e Dieta**
- **Relativa baixa exigência**
  
- **Funções**
  - Formação esqueleto
  - Metabolismo (componentes de enzimas, hormônios e vitaminas)
  - Osmorregulação
  - Equilíbrio ácido-base
  
- **Macrominerais**
  - Ca, P, Mg, Na, K, Cl
  
- **Microminerais**
  - Fe, Cu, Zn, Mn, Se, I



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Cálcio

- **Funções**
  - Desenvolvimento e manutenção do sistema esquelético
  - Contração muscular
  - Coagulação sanguínea
  - Transmissão de impulsos nervosos
  - Manutenção da integridade da membrana celular
  - Ativação enzimática
- **Água:** brânquias, nadadeiras, epitélio cavidade bucal
- **Mobilização escamas e ossos:** jejum prolongado, migração e maturação ovariana
- **Deficiência**
  - Descalcificação
  - Osteoporose
  - Distrofia osteóide



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Fósforo

- **Funções**
  - Desenvolvimento e manutenção do sistema esquelético
  - Constituinte dos ácidos nucléicos e da membrana celular
  - **Constituinte da molécula de energia ATP** (metabolismo de carboidratos, lipídios e aminoácidos)
  
- **Deficiência**
  - ↓Crescimento e eficiência alimentar
  - Amolecimento e deformação dos ossos



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Fósforo

- **Dieta**

- Maior fonte de fósforo (↓concentração de fosfatos água)
- Fósforo inorgânico: > disponibilidade (solubilidade)
- Fósforo de fontes vegetais:
  - 70% Ácido fítico (Fitato) = 70% Indisponível (~~Fitase~~)
  - Pode ↓Disponibilidade da Proteína e alguns minerais (quelatos)
- Excesso P na água
  - ↑ Cianobactérias → *Off-flavour* (Gosto de barro)
- Sem estômago → ↓Disponibilidade



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Magnésio

- **Funções**
  - Manutenção da homeostase intra e extracelular
  - Atua na respiração celular
  - Cofator para reações enzimáticas
  - Ativação da síntese de aminoácidos
  - Metabolismo do tecido esquelético
  - Transmissão neuromuscular
  - Metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas
- **Água ou Dieta**
- **Deficiência**
  - ↓Crescimento



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Sódio, Potássio e Cloreto

- **Funções**
  - **Sódio e cloreto**
    - Principais íons dos fluidos extracelulares do corpo
  - **Potássio**
    - Principal íon do fluido intracelular
  - Equilíbrio osmótico
  - Equilíbrio ácido-base
- **Água**



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





# Ferro

- **Funções**
  - Atua na respiração celular (atividades de óxido-redução e transporte de elétrons)
  - Produção e funcionamento da hemoglobina, mioglobina, citocromos e outros sistemas enzimáticos
- **Água e dieta**
- **Deficiência**
  - Anemia microcítica



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Cobre

- **Funções**
  - Constituinte de várias enzimas do metabolismo
- **Deficiência**
  - ↓ Teor de cobre nos tecidos



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Manganês

- **Funções**
  - Ativação de enzimas do metabolismo
    - Metabolismo de aminoácidos
    - Metabolismo ácido de gorduras
    - Oxidação da glicose
- **Deficiência**
  - ↓ Crescimento
  - Lesões na pele e nadadeiras
  - Desenvolvimento de catarata



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Zinco

- **Funções**
  - Cofator em sistemas enzimáticos
  - Componente de metaloenzimas
  - Regulador de vários processos do metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas
- **Deficiência**
  - ↓Crescimento
  - Lesões na pele e nadadeiras
  - Desenvolvimento de catarata



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Iodo

- **Funções**

- Atua na biossíntese dos hormônios da tiróide que controlam a oxidação celular e influenciam o crescimento
- Atua em outras glândulas endócrinas
- Função neuromuscular e dinâmica circulatória
- Atua no metabolismo de nutrientes



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Selênio

- **Funções**
  - Cofator da enzima glutathiona peroxidase
  - Atua em conjunto com a vitamina E como antioxidante biológico
    - Protege células e membranas dos danos causados pelos peróxidos
- **Deficiência**
  - Combinada com vitamina E causa distrofia muscular



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Bibliografia Consultada

- LOVELL, T. **Nutrition and Feeding of Fish**. 2ed. Boston, USA: Kluwer Academic Publishers, 1998. 267p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requeriments of Fishes**. Washington, DC: National Academic Press, 1993. 102p.
- PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J. E. P. *et al.* (Eds.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004.cap.5, p.75-169.



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



# Obrigada pela atenção!



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

