



**INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA**
Universidade de Lisboa



U LISBOA | UNIVERSIDADE
DE LISBOA



FAV
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
UNIVERSIDADE DE LISBOA

Mestrado em Eng^a Zootécnica - Produção Animal
TPA – Outros (equinicultura)
Sistemas de valorização de alimentos para equinos




Maria João Fradinho
mjoaofradinho@fmv.ulisboa.pt
2022/2023

Sistemas de valorização de alimentos para equinos

Valorização dos alimentos

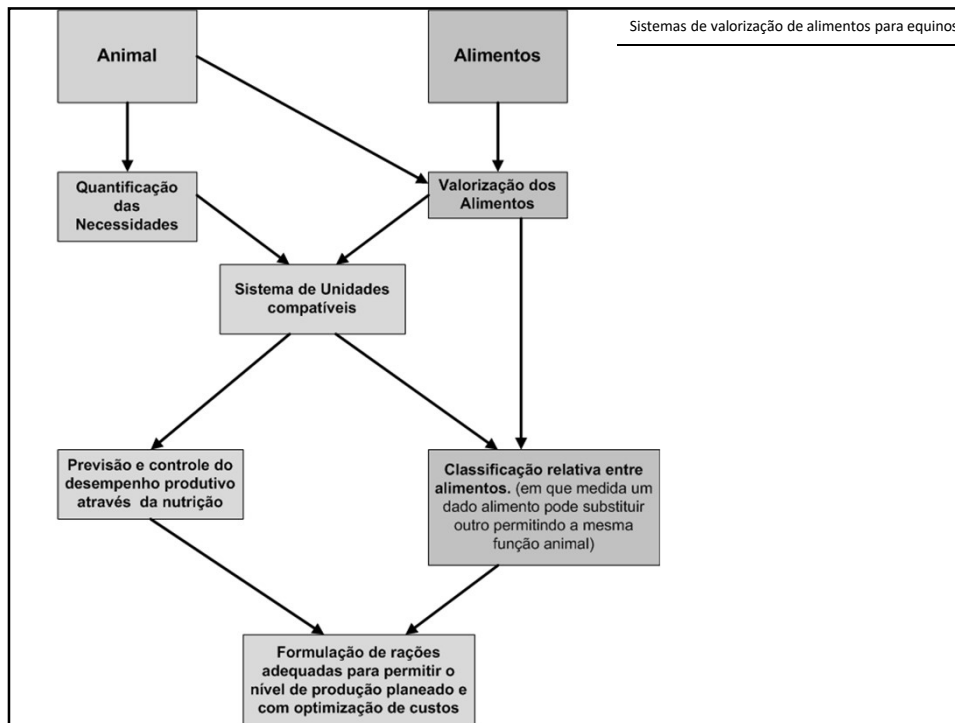
- Quantificar o valor nutritivo (energético e proteico) dos alimentos para animais
- Quantificar as necessidades nutricionais (energéticas e proteicas) dos animais
- Unidades compatíveis com as unidades em que são expressas as necessidades dos animais

Sistema de alimentação

Permite a formulação de dietas adequadas a cada fase e tipo de animal

Permite a substituição de uns alimentos por outros

Permite formular rações a um menor custo



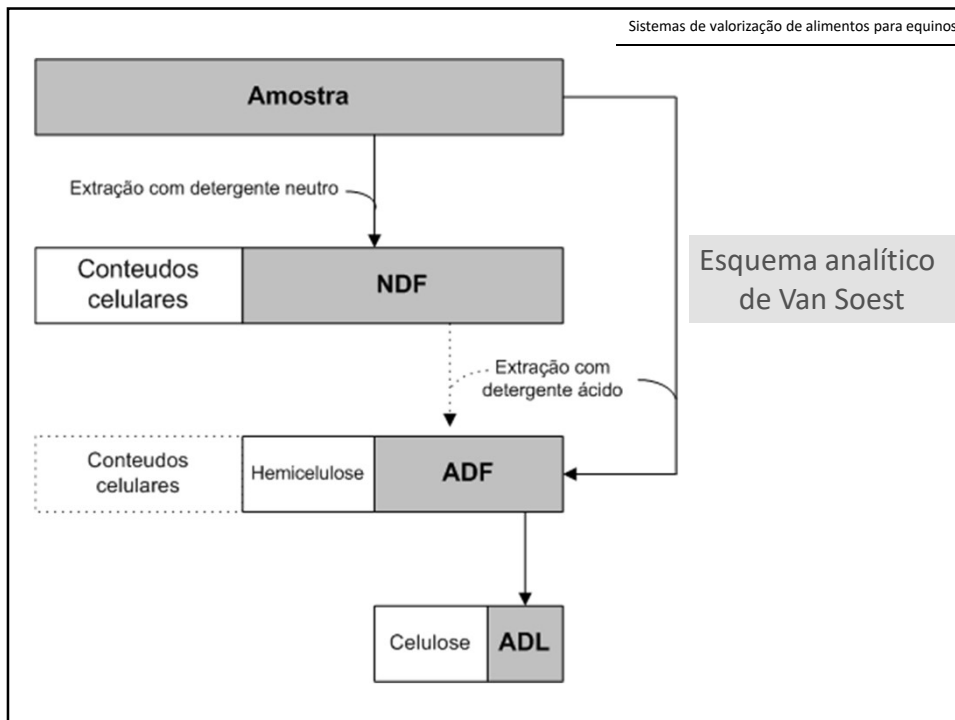
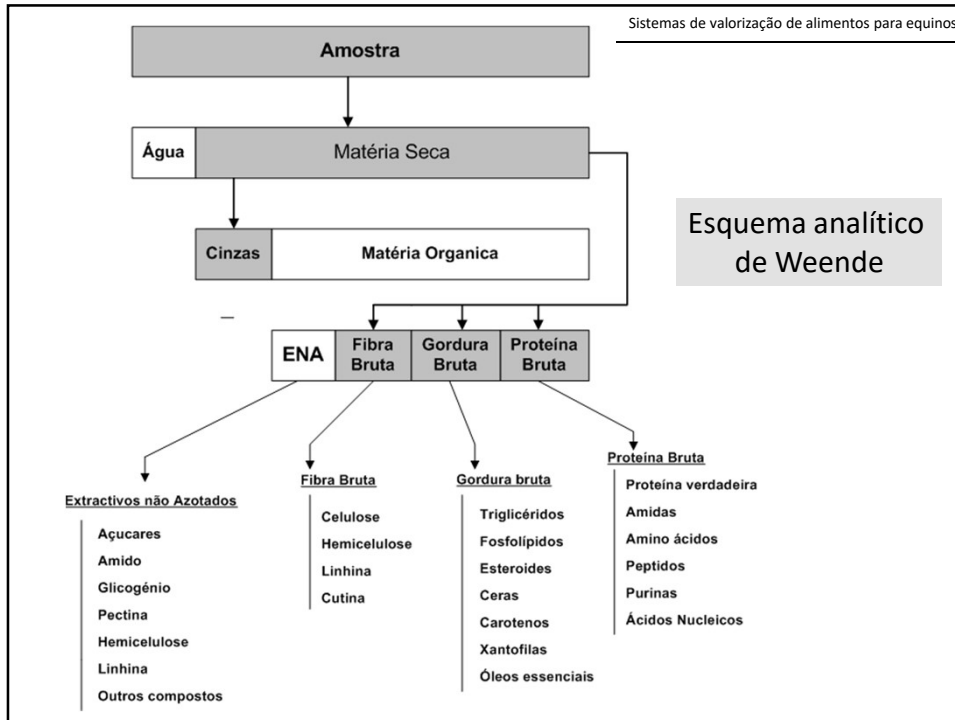
Sistemas de valorização de alimentos para equinos

1º passo da valorização alimentar – **conhecer a composição química**

Análise dos alimentos

- **Análise química** (Weende; Van Soest; Aminoácidos; Minerais; Vitaminas, etc)
- Amido e açúcares
- **NIR** (Near Infra Red spectroscopy) – método rápido que estima a composição química se devidamente calibrado (Espectrofotometria de infravermelho próximo)

- **Tabelas e bases de dados** da composição química de alimentos ←



Esquema analítico de Van Soest

Conteudos Celulares

Água
 Açúcares
 Ácidos orgânicos
 Amido
 Lipídios
 Azoto não proteico
 Proteínas solúveis
Pectina

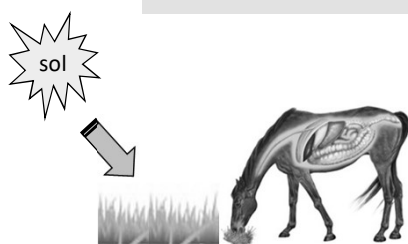
NDF - Fibra Neutra Detergente

Hemicelulose
Celulose
Linhina
 Compostos azotados linhificados
 Produtos da reação Maillard
 Silica
 Cutina
 Ceras
 Queratina
 Minerais insolúveis

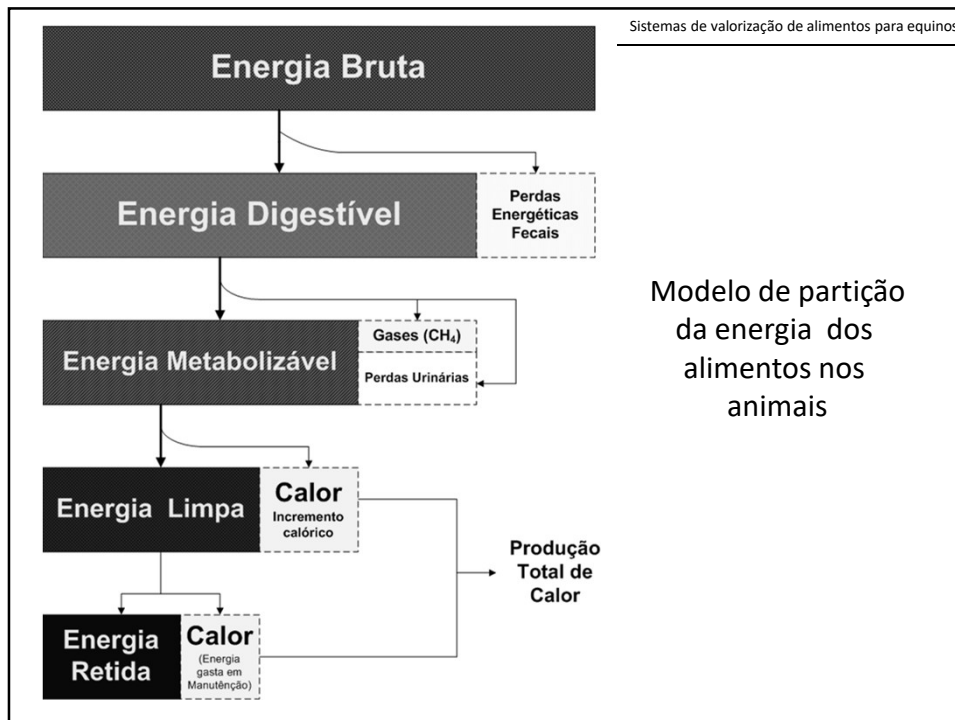
ADF - Fibra Ácida Detergente

Celulose
Linhina
 Compostos azotados linhificados
 Produtos da reação Maillard
 Silica
 Cutina
 Ceras
 Queratina
 Minerais insolúveis

Valorização alimentar - Energia



Energia Química (compostos orgânicos) → combustão (O₂) → E. química conservada (ATP) + CALOR + CO₂ + H₂O + Minerais (azoto)



Sistemas de valorização de alimentos para equinos

Determinação da energia bruta

Bomba calorimétrica

caloria (cal) – quantidade de calor necessária para elevar 1 grau Celsius 1 g de água (de 14,5 °C para 15,5 °C)

joule (J) – SI, unidade de energia/trabalho

1 joule = 0,2390 calorias

1 caloria = 4,184 joules

energia bruta dos alimentos

Constituintes Alimentares (EB MJ/kg)

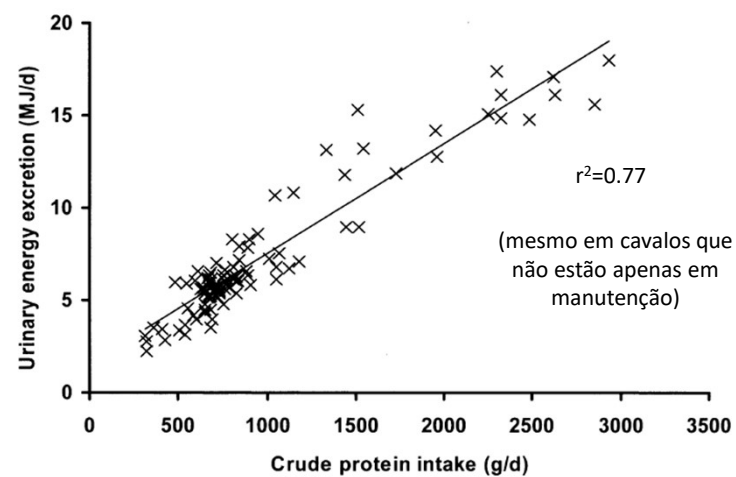
Glucose	15,6
Amido	17,7
Celulose	17,5
Caseína	24,5
Triglicéridos (de sementes)	39,0

Alimentos (EB MJ/kg MS)

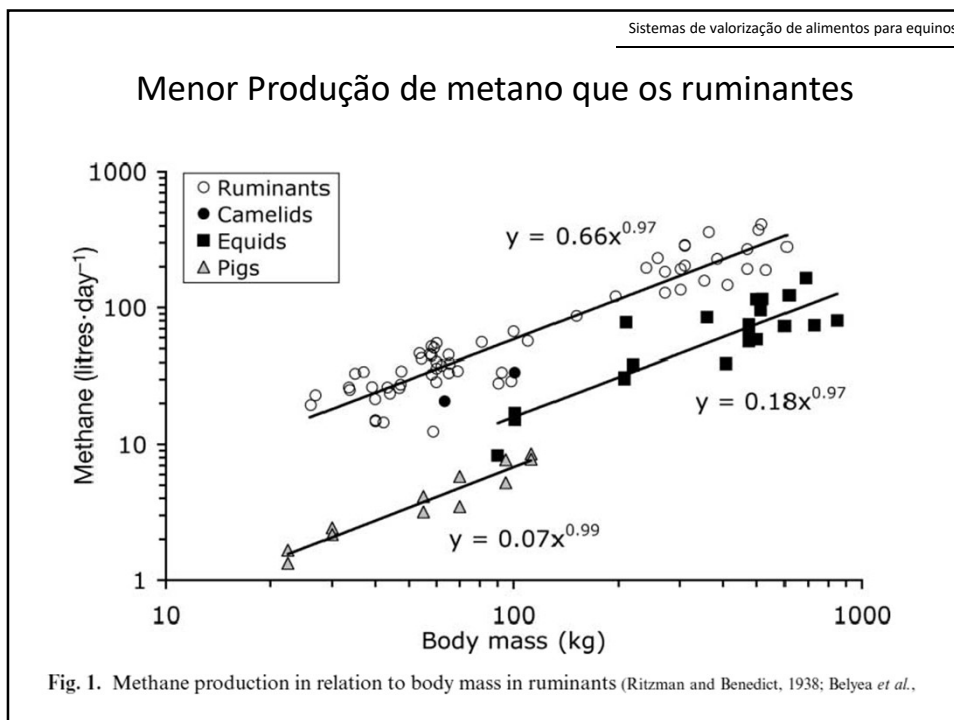
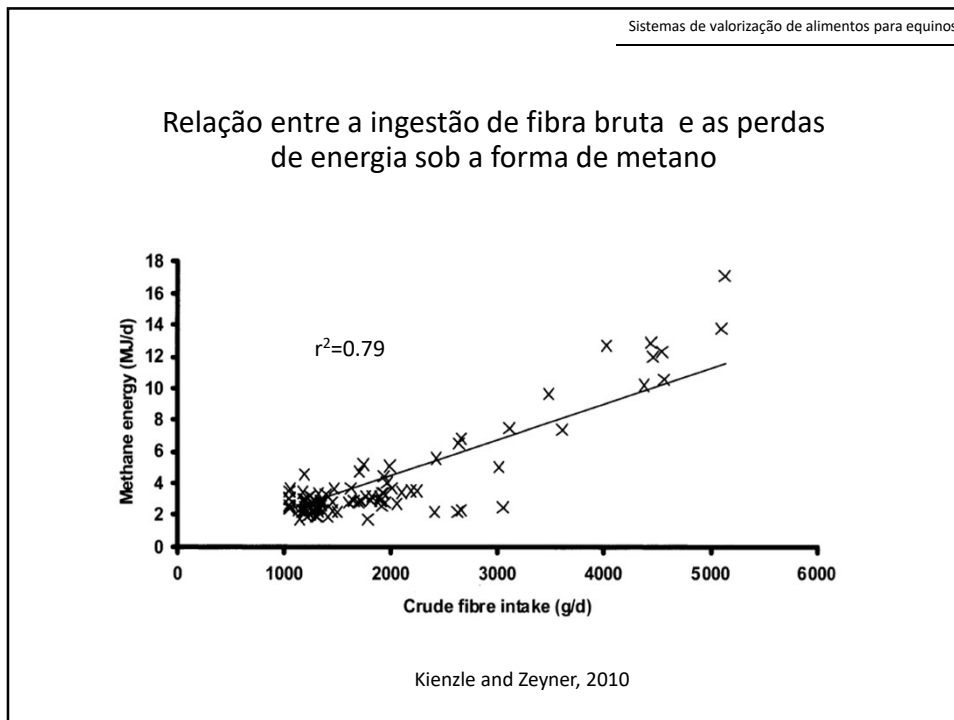
Milho (grão)	18,5	4,42 Mcal/kg MS
Aveia (palha)	18,5	
Feno de Gramínea	18,9	
Aveia (grão)	19,6	
Bagaço de Linho	21,4	
Leite (4%TB)	24,9	5,95 Mcal/kg MS

(McDonald *et al.*, 1995)

Relação entre a ingestão de proteína bruta e as perdas urinárias de energia



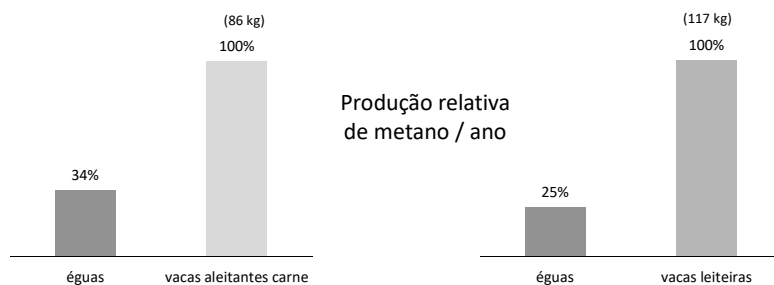
Kienzle and Zeyner, 2010



Menor Produção de metano que os ruminantes

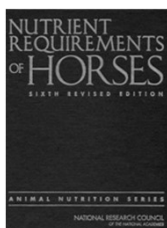
Avaliadas as emissões de 14 raças de cavalos de raças ligeiras e raças pesadas, em França.

- 3,7 kg/ animal/ ano – poldros 8 meses (raças pesadas);
- 20,4 kg/ animal/ ano – cavalos de desporto de raças ligeiras;
- 29,4 kg/ animal/ ano – éguas aleitantes de raças pesadas.



(Vermorel *et al.*, 2008).

Sistemas de valorização de alimentos para cavalos



Sistema americano
(NRC, 2007)

Requirements: the individual demand for a nutrient under defined conditions;

≠

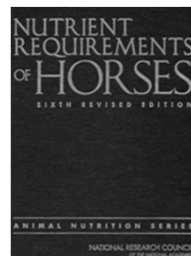


Sistema francês
(INRA, 2012)

Allowance/Recommendation: estimate of the nutrient supply necessary to meet the average gross demand of the population under common conditions plus a safety factor considering the individual variability, varying bioavailability and interactions between nutrients.

Sistemas de valorização energética dos alimentos para cavalos

Sistema americano – Energia digestível
(NRC,2007) (Mcal ED)



Sistema francês – Energia Limpa (net)
(INRA,1984,1994,2006, 2012)
UFC - Unidade forrageira para cavalos
1 UFC (9,42MJ ou 2 250 kcal EL)



Valorização energética dos alimentos Sistema americano (NRC, 1989, 2007)

- Tabela com ≈ 100 alimentos
- Estima a ED (Mcal/kg MS) dos alimentos:

Concentrados:

$$ED = 4,07 - 0,055 \cdot ADF$$

Forragens:

$$ED = 2,118 + 0,01218 \cdot PB - 0,00383 \cdot ADF - 0,00383 \cdot (NDF - ADF) + 0,04718 \cdot GB + 0,02035 \cdot (100 - NDF) - 0,02035 \cdot Cinzas$$

Alimentos ricos em gordura:

$$ED = (-3,6 + 0,211 \cdot PB + 0,421 \cdot GB + 0,015 \cdot FB) / 4.184$$

PB, GB, FB, NDF, ADF e Cinzas em % da Matéria Seca (%MS)

Layout das tabelas do NRC, 2007

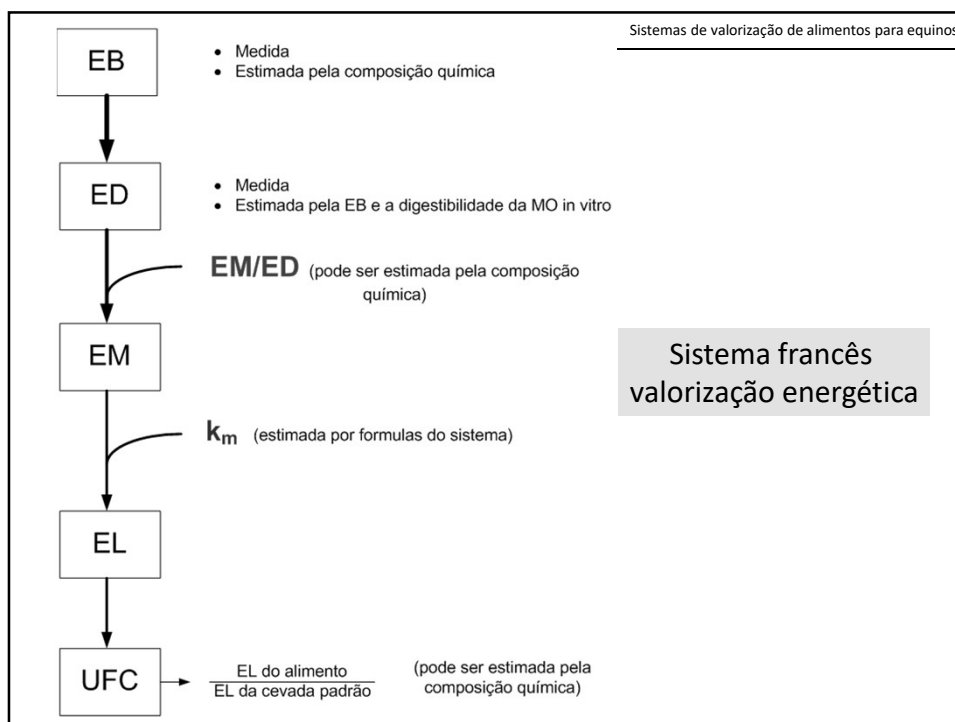
Food Name	Energy Class	IFN	% as Fed	Mcal/kg DM	CP % DM	Lys % DM	Fat % DM	NDF % DM	ADF % DM	Ash % D
Grass Hay, cool season, mature	Forage	1-02-244	84.4	2.04	10.8	0.38	2.0	69.1	41.6	7.0
Grass Hay, cool season, immature	Forage	1-02-212	84.0	2.36	18.0	0.63	3.3	49.6	31.4	9.2
Grass Hay, cool season, mid-mat.	Forage	1-02-243	83.8	2.18	13.3	0.46	2.5	57.7	36.9	8.8
Grass Pasture, cool season, veg.	Forage	2-02-260	20.1	2.39	26.5	0.92	2.7	45.8	25.0	9.8
Grass Silage, cool season, immature	Forage	3-02-217	36.2	2.30	16.8	0.55	2.8	51.0	32.9	9.9
Grass Silage, cool season, mature	Forage	3-02-219	38.7	1.98	12.7	0.43	3.0	66.6	41.1	8.0
Grass Silage, cool season, mid-mat.	Forage	3-02-218	42.0	2.16	16.8	0.55	2.4	58.2	35.2	8.7
Legume Forage Hay, immature	Forage	1-07-792	84.2	2.62	20.5	1.05	2.1	36.3	28.6	9.5
Legume Forage Hay, mature	Forage	1-07-789	83.8	2.21	17.8	0.89	1.6	50.9	39.5	9.2
Legume Forage Hay, mid-mat.	Forage	1-07-788	83.9	2.43	20.8	1.06	2.0	42.9	33.4	9.4
Legume Forage Pasture, veg.	Forage	2-29-431	21.4	2.71	26.5	1.37	3.7	33.1	23.9	10.0
Legume Forage Silage, mid-mat.	Forage	3-07-797	42.9	2.35	21.9	0.97	2.2	43.2	35.2	10.8
Legume Forage Silage, immat.	Forage	3-07-795	41.2	2.52	23.2	1.04	2.3	36.7	30.2	11.1
Legume Forage Silage, mature	Forage	3-07-798	42.6	2.19	20.3	0.87	2.1	50.0	40.9	10.3
Mix Grass+Leg. Hay, mid-mat.	Forage	1-02-277	85.3	2.30	18.4	0.79	2.3	50.8	35.8	9.3
Mix Grass+Leg. Sil., immature	Forage	3-02-302	45.9	2.39	20.3	0.78	2.3	45.3	30.8	9.8
Mix Grass+Leg. Sil., mature	Forage	3-02-266	42.8	2.07	17.4	0.67	2.3	57.4	42.1	9.6
Mix Grass+Leg. Sil., mid-mat.	Forage	3-02-265	44.1	2.25	19.1	0.74	2.5	50.4	35.4	10.1
Mix Grass+Legume Hay, mature	Forage	1-02-280	89.7	2.11	18.2	0.77	2.0	56.0	40.1	9.9
Mix Grass+Legume Hay, immat.	Forage	1-02-275	83.1	2.46	19.7	0.85	2.5	45.4	30.8	8.8
Mostly Grass Hay, immature	Forage	1-02-275	84.3	2.35	18.4	0.72	2.4	49.6	31.5	9.2
Mostly Grass Hay, mature	Forage	1-02-280	84.7	2.08	13.3	0.51	2.3	62.5	42.1	7.9
Mostly Grass Hay, mid-mat.	Forage	1-02-277	87.3	2.19	17.4	0.68	2.6	55.1	36.4	9.5

Valorização energética Sistema francês

Valores UFC → energia limpa (EL) para manutenção correspondente ao valor de EL de uma cevada padrão (9,42 MJ ou 2250 Kcal ELM)

Assume que:

- A maioria das necessidades dos cavalos são de manutenção e trabalho
- A EL dos nutrientes para manutenção e trabalho depende do ATP produzido durante o seu catabolismo oxidativo.
- Implica o conhecimento da **digestibilidade** da energia e da **energia metabolizável (EM)** do alimento e do **cálculo do km** (eficiência de utilização da EM para manutenção) através de proporções estimadas de energia que é absorvida como glicose, aminoácidos, ácidos gordos de cadeia longa e ácidos gordos voláteis.



Sistemas de valorização de alimentos para equinos

Cálculo directo das UFC

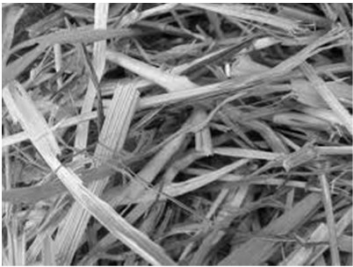
Forragens (n=47)

UFC = $-0,0557 + 0,0006 \cdot GC + 0,2589 \cdot ED$
($r=0,996$; DPR =0,007)

UFC = $-0,124 + 0,0003GC + 0,0013MOD$
($r=0,99$; DPR =0,012)

UFC = $0,825 + 0,0011FB + 0,0006PB$
($r=0,83$; DPR =0,043)

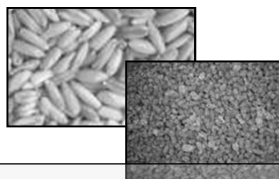
UFC = $0,568 - 0,0007FB + 0,0007PB + 0,0018GC$
($r=0,92$; DPR =0,031)



GC = glúcidos citoplasmáticos: Amido + açúcares solúveis (g/kg MS);
PB = Proteína bruta (g/kg MS); FB = Fibra Bruta (g/kg MS)
MOD = MO digestível (%MS);
ED = energia digestível em kcal/MS

(Martin-Rosset et al. 2006)

Cálculo directo das UFC



Matérias primas (n=51)

$$\text{UFC} = 0,815 - 0,947 \cdot (\text{FB}/100) + 0,0345 \cdot (\text{PB}/100) + 0,582 \cdot (\text{GC}/100)$$

(r=0,96; DPR =0,06)

$$\text{UFC} = 0,131 - 0,628 \cdot (\text{FB}/100) - 0,282 \cdot \text{PB} + 1,34 \cdot (\text{MOD}/100)$$

(r=0,98; DPR =0,04)

$$\text{UFC} = -0,730 - 0,722 \cdot (\text{PB}/100) + 0,572 \cdot (\text{MO}/100) + 0,0941 \cdot (\text{ED}/238,92)$$

(r=0,99; DPR =0,03)

$$\text{UFC} = -0,134 + 0,234 \cdot (\text{FB}/100) - 0,362 \cdot (\text{PB}/100) + 0,316 \cdot (\text{GC}/100) + 0,0755 \cdot (\text{ED}/238,92)$$

(r=0,98; DPR =0,04)

FB = Fibra bruta (%MS); PB = proteína bruta (%MS)
 GC = glúcidos citoplasmáticos = Amido + açúcares solúveis (%MS)
 MO – matéria orgânica (%MS); MOD = MO digestível (%MS)
 ED = energia digestível em kcal/MS

Martin-Rosset et al. 2006

Digestibilidade dos alimentos



Medida *in vivo*

$$\text{Digestibilidade}(\%) = \frac{\text{Ingerido} - \text{Excretado}(\text{fezes})}{\text{Ingerido}} \times 100$$

Medida *in vitro*

Estimada através da composição química

Estimada por NIR

A estimativa da MOD (MO digestível) foi feita a partir da digestibilidade da MO em ovinos

$$\text{MOD (\%MS)} = \text{MO (\%MS)} \times (\text{dMO}_{\text{cavalo}}) / 100$$

• **Pastagem naturais e de gramíneas**

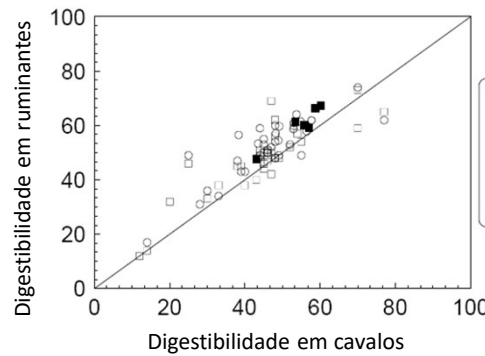
$$\text{dMO}_{\text{cavalo}} = -14.91 + 1.1544 \cdot \text{dMO}_{\text{ovino}} \quad (r = 0,98, \text{DPR} = 2.3, n=18)$$

• **Leguminosas**

$$\text{dMO}_{\text{cavalo}} = -9.94 + 1.1262 \cdot \text{dMO}_{\text{ovino}} \quad (r = 0,84, \text{DPR} = 2.6, n=15)$$

A digestibilidade (in vitro) da MO determina-se por rotina:

- ex-Estação Zootécnica Nacional Unidade de Produção Animal do INIAV;
- CECAV – UTAD.



Sistemas de valorização de alimentos para equinos

Estimar a digestibilidade da MO pelo teor em Fibra Bruta

Relationship between digestibility of organic matter (dOM%) and crude fiber (CF) content (g/kg DM) in hays¹

Botanical	n	Range of CF content	Relationships	RSD	R
Natural grassland	28	230–375	dOM = 87.89 – 0.1180 CF	± 4.1	0.710
Grasses	19	295–390	dOM = 81.51 – 0.0792 CF	± 6.3	0.422
Legumes	25	285–395	dOM = 90.52 – 0.0995 CF	± 3.7	0.666
All forages	72	230–395	dOM = 78.33 – 0.0746 CF	± 6.0	0.414

¹ Martin-Rosset et al., 1984.

Teores de glúcidos citoplasmáticos (GC) de forragens (Martin-Rosset et al. 2006)

	WSC	Starch		WSC	Starch
<i>Green forages</i>			<i>Conserved forages</i>		
Ryegrass			Hay, first cut		
Seeding year	3-10		Natural grassland	4-8	
First growth, leafy	10-15		Ryegrass	8-15	
Stem elongation	10-20		Other grasses	3-8	
Heading	10-20		Legumes	2-4	
Flowering	10-15		Hay, regrowth	3-5	
Stemmy regrowth	10-15		Grass silage		
Leafy regrowth	5-10		Without additives	0-2	
Other grasses			Ryegrass	2-6	
Seeding year	3-8		Other grasses	1-2	
First growth	5-10		Maize silage		
Regrowth	4-8		Milk stage (25% DM)		20
Lucerne and red clover ^b		Traces	Dough stage (30% DM)		28
First growth, early bud	6-10		Flint stage (35% DM)		34
Late flowering	3-5				
2nd and 3rd growth	3-6				
White clover	3-4				
Maize (whole plant)					
Milk stage (25% DM)	18	16			
Dough stage (28% DM)	14	24			
Flint stage (33% DM)	10	30			
Kale	20-30				

GC = Açúcares (WSP) + Amido (starch)

Cálculo directo das UFC

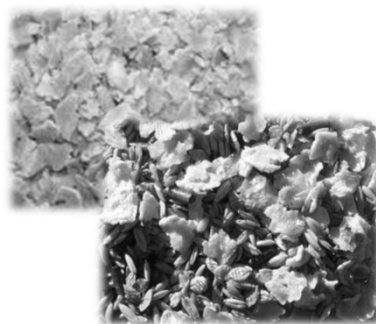
Alimentos compostos

$$UFCo = 1,333 - 1,684 \cdot ADFo - 0,096 \cdot PBo$$

($r=0,958$; $DPR=0,06$)

$$UFCo = 1,326 - 1,937 \cdot FBo - 0,135 \cdot PBo$$

($r=0,956$; $DPR=0,06$)



(Martin-Rosset et al. 2006)

UFCo = UFC por kg MO
 ADFo = Fibra ácido detergente (g/kg MO)
 PBo = Proteína bruta (g/kg MO)
 FBo = Fibra bruta (g/kg MO)

Comparação entre os sistemas de ED e EL

	DE system	UFC system	DE % NE
Maize starch	116	131	88
Maize	111	115	96
Wheat	108	109	99
Barley	100	100	100
Oat	90	85	105
Wheat feeds/fine	102	94	108
Wheat bran	88	77	114
Wheat bran coarse	81	71	115
Maize/gluten feed	96	83	116
Pea (seeds)	107	99	108
Fababean (seeds)	102	90	113
Beet pulp/dehydrated	85	74	116
Linseed meal (36% CP)	98	79	124
Soyabean meal (45% CP)	113	91	124
Peanut meal (48–50% CP)	114	87	130
Lucerne hay	70	54	130
Good quality grass hay	64	49	132
Bad quality grass hay	49	35	137

Relative difference between the two systems for each feed (Vermorel and Martin-Rosset, 1997).

Valorização Proteica dos Alimentos Sistema americano, NRC 2007

Necessidades expressas em: Proteína bruta + Lisina

Tabelas de composição de alimentos: Proteína bruta + Lisina

Recomendação:

éguas lactantes e poldros - 60% da PB seja de “suplementos proteicos”

Valorização Proteica dos Alimentos Sistema Francês

- O valor proteico dos alimentos depende da quantidade de aminoácidos verdadeiramente disponibilizados pelos alimentos
 - A quantidade de AA disponibilizados vai depender do local de digestão (intestino delgado vs intestino grosso)
 - Assume-se que a digestibilidade verdadeira no intestino delgado é :
 - Fenos → 30 a 45%
 - Luzerna desidratada → 60%
 - Pastagem → 60 a 70%
 - Concentrados → 70 a 80%
- E que a digestibilidade verdadeira no intestino grosso é de 75 a 90% mas que só 10 a 30% do N é absorvido como aminoácidos e péptidos.

Valorização Proteica dos Alimentos Sistema Francês

MADC = Proteína Bruta Digestível Cavalos (g/kg MS)

MADC depende da Proteína Bruta do alimento (PB), da sua digestibilidade (Nd) e da proporção de AA que é absorvido no I. delgado e no I. grosso (K).

$$\text{MADC} = \text{PB} \times \text{Nd} \times \text{K} = \text{PBD} \times \text{K}$$

PBD = Proteína bruta digestível

Concentrados, K = 1

Fenos e forragens desidratadas, K = 0,85

Palhas, K = 0,80

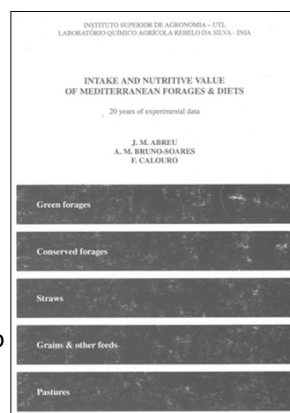
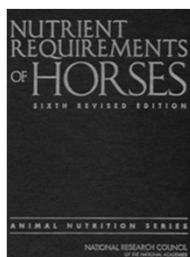
Valorização Proteica dos Alimentos Sistema Francês

	R ²	DPR
Fenos		
MADC (g/kg MS) = -35,3 + 0,748.PB(g/kg MS) + 0.0316.FB(g/kg MS)	0,897	7,7
Forragens frescas/verdes		
MADC (g/kg MS) = -67.1 + 0,861.PB(g/kg MS) + 0.105.FB(g/kg MS)	0,962	5,4
Alimentos compostos		
MADCo (g/kg MO) = -12,9 + 0,847.PBo (g/kg MO) - 0,109 FBo (g/kg MO)	0,984	7,2

(Martin-Rosset & Jestin 2009)

Consulta de tabelas

- Método mais comum
- Implica um conhecimento exacto da composição botânica, estado vegetativo, corte, condições de recolha e métodos de conservação das forragens
- Limitação – A existência de tabelas adequadas



Layout de tabelas / INRA

Sistemas de valorização de alimentos para equinos

Code INRA	Fresh forages	Nutritional value							Organic components							Minerals			
		%		UF/kg	g/kg	Kcal/kg/%		g/kg/%			g/kg				g/kg				
		DM	UFC	MADC	GE, Ed	DE	ME	NE	OM, Omd	CP, CPd	Lysine	CF	NDF	ADF	ADL	EE	Starch	P	Ca
Natural grassland, lowlands (Normandy)																			
First growth (a)																			
FV0020	05/10 grazing stage	16.6	0.76	107	4,399	3,037	2,574	1,704	889	172		244	525	280			4.0	6.0	1.9
		0.13	18	69					74	69									
FV0030	5/25 10%ear emergence	17.2	0.69	76	4,410	2,804	2,419	1,556	906	133		272	550	303			3.8	5.6	1.9
		0.12	13	64					68	64									
FV0040	6/10 50%ear emergence	20.2	0.61	60	4,438	2,530	2,216	1,374	921	109		313	587	336			3.6	5.2	1.9
		0.12	12	57					61	61									
FV0050	6/25 flowering	19.2	0.53	47	4,413	2,226	1,969	1,185	922	92		335	606	354			3.6	4.7	1.9
		0.10	9	50					54	57									
2nd growth																			
FV1000	leafy regrowth 5 w.	18.4	0.72	146	4,511	2,966	2,481	1,617	897	215		267	545	299			4.0	6.9	2.2
		0.13	27	66					71	76									
FV1010	leafy regrowth 7 w.	18.8	0.69	95	4,434	2,819	2,407	1,543	903	155		272	550	303			3.8	6.9	2.2
		0.13	18	64					68	68									
3rd growth																			
FV1030	leafy regrowth 6 w.	15.7	0.70	134	4,477	2,895	2,434	1,576	895	201		269	547	300			4.0	6.0	2.4
		0.11	21	65					69	74									

(versão inglesa, 2015)



OBRIGADA!