XVIII Congresso CBNA PET
DIAS 15 E 16
MAIO | 2019
Local: Expo D Pedro
Campinas, SP
COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL
cbna

Extrusão com base em energia térmica

dianapetfood

Fabiano Cesar Sá

Gerente APLICALIS regional LATAM

Sumário

- Conceitos de energia térmica e mecânica
- Implicações nutricionais e econômicas
- Implicações em aparência e palatabilidade

Extrusão

- Se explica por: misturar ingredientes crus, pasteurizar, sanitizar, cozinhar, expandir e texturizar essa mistura em um curto período de tempo,

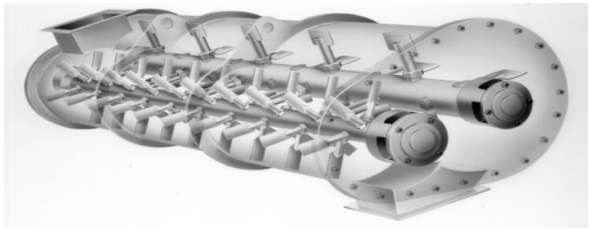
  (RIAZ, 2003).

- A eficiência do processo de extrusão relacionada à energia transferida para a ração EME e ETE, (RIAZ, 2007).

- Moagem + EME/ETE = Qualidade de extrusados (MOSCICKI, 2011).
  - Cuidados iniciais com moagem da matéria prima.
  - Expandidos, bordas arredondadas, uniformidade (aparência), estrutura interna, firme e homogênea.

- Cozimento acima do necessário pode resultar em (MOSCICKI;WÓJTOWICZ, 2011).
  - alterações químicas indesejáveis;
  - perda ou menor aproveitamento de determinados nutrientes como vitaminas e aminoácidos;
  - elevação desnecessária do custo de produção.

Energia Térmica Específica (ETE)



SILO

ALIMENTAÇÃO

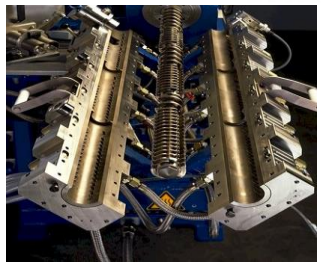
CONDICIONAMENTO

VÁCUO

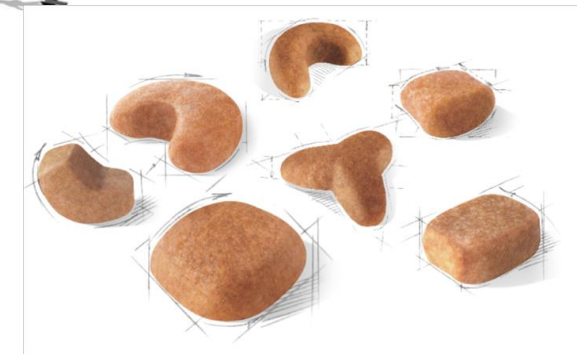
TRANSPORTE PNEUMÁTICO

CORTE

CANHÃO



Energia Mecânica Específica – (EME)



Energia Específica Total (EET) (KWhr/ton)

Balanço de massas e energia

- EME (kW/ton) = Qme(KW/h) / FR(kg/h)
  - Onde: Qme é a entrada de energia mecânica total; FR é a taxa da alimentação da dieta seca.

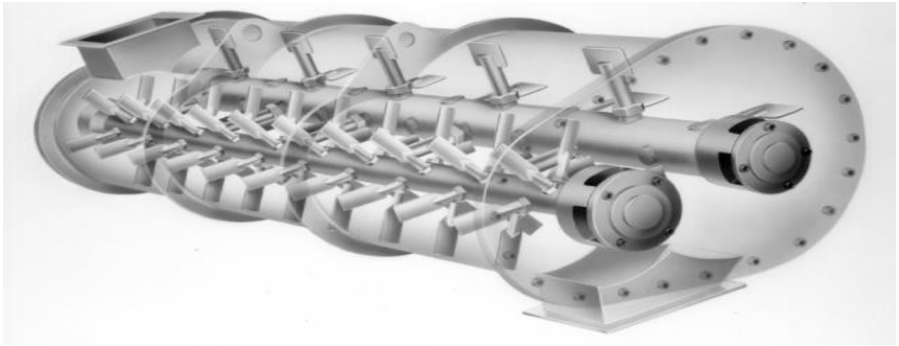
$$EME\ (KW/ton) = \frac{\frac{(T - To)}{100} \times Pr \times \frac{N}{Nr}}{m}$$

- ETE (kJ/kg) = Qte(kW/h)/me(kg/h)
  - Onde: Qte é a energia térmica total; me é a quantidade de alimento que passa pelo sistema.

(Riaz, 2000)

Interação da ETE com o equipamento

Energia Térmica Específica- ETE



- **Energia térmica adicionada**

- Fluídos térmicos aquecidos (água, gordura e emulsões cárneas)

- Injeção direta de vapor (Condicionador e Extrusor)

- Relacionado com tempo de retenção ou intensidade de mistura, para garantir absorção dos fluídos ou vapor em função:
- taxa de alimentação, (tamanho do condicionador);
- número de eixos, configuração e velocidade das pás do condicionador.

Interação da EME com o equipamento

Energia mecânica específica – EME

- **Entrada de energia mecânica**

  - Relacionado a Tensão de cisalhamento (RPM do eixo e forma das roscas)
- Aumento da temperatura acima de 100°C no final do canhão e aumento da pressão (20 a 60 bar), ocorrendo suficiente energia específica total para transformação desejada para a forma do extrusado expandido.

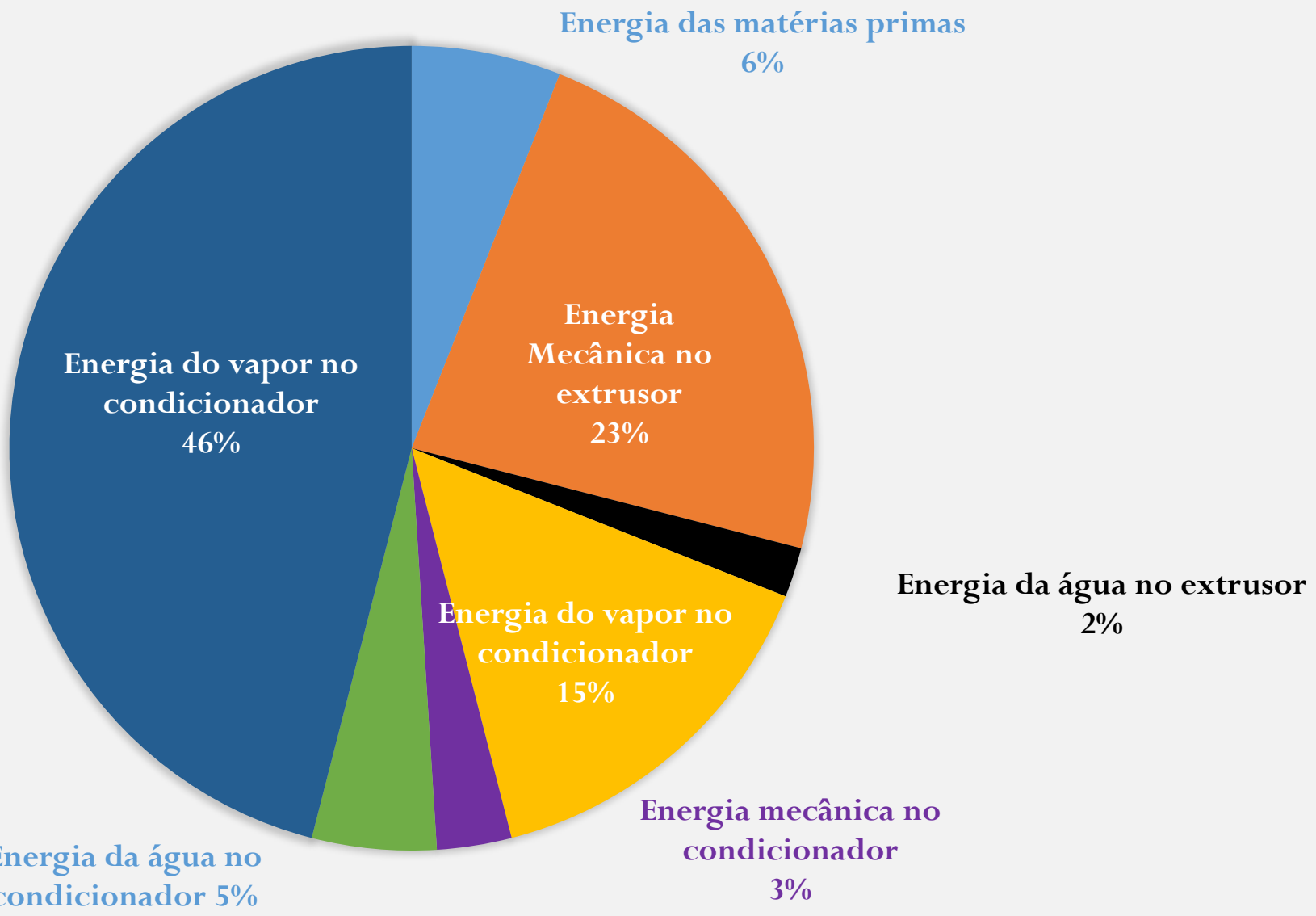


Comparação Custos Operacionais para Três Sistemas de Extrusão

Sistemas de extrusão*	Extrusor Simples	Extrusor Térmico Duplo	Extrusor Duplo
EME (kWhr/ton)	37	16	60
ETE (kWhr/ton)	49.7	154.7	65.6
Energia Total (kWhr/mt)	86.7	170.7	125.6
Custos de operação ($/ton)	5.30	6.22	8.07

Wenger cortesy *Single Screw X165 070830003; Thermal Twin TT760 080827122; Twin Screw TX85 080827002

Fontes de energia em um sistema de extrusão



Diferentes EME entre fabricantes

Typical Figures of SME:

- Indirect expanded cereals, snacks = 50 – 80 Wh/kg
- Direct expanded Snacks = 80 – 120 Wh/kg
- Pet-Food = 30 – 60 Wh/kg
- Aqua-Feed = 15 – 40 Wh/kg

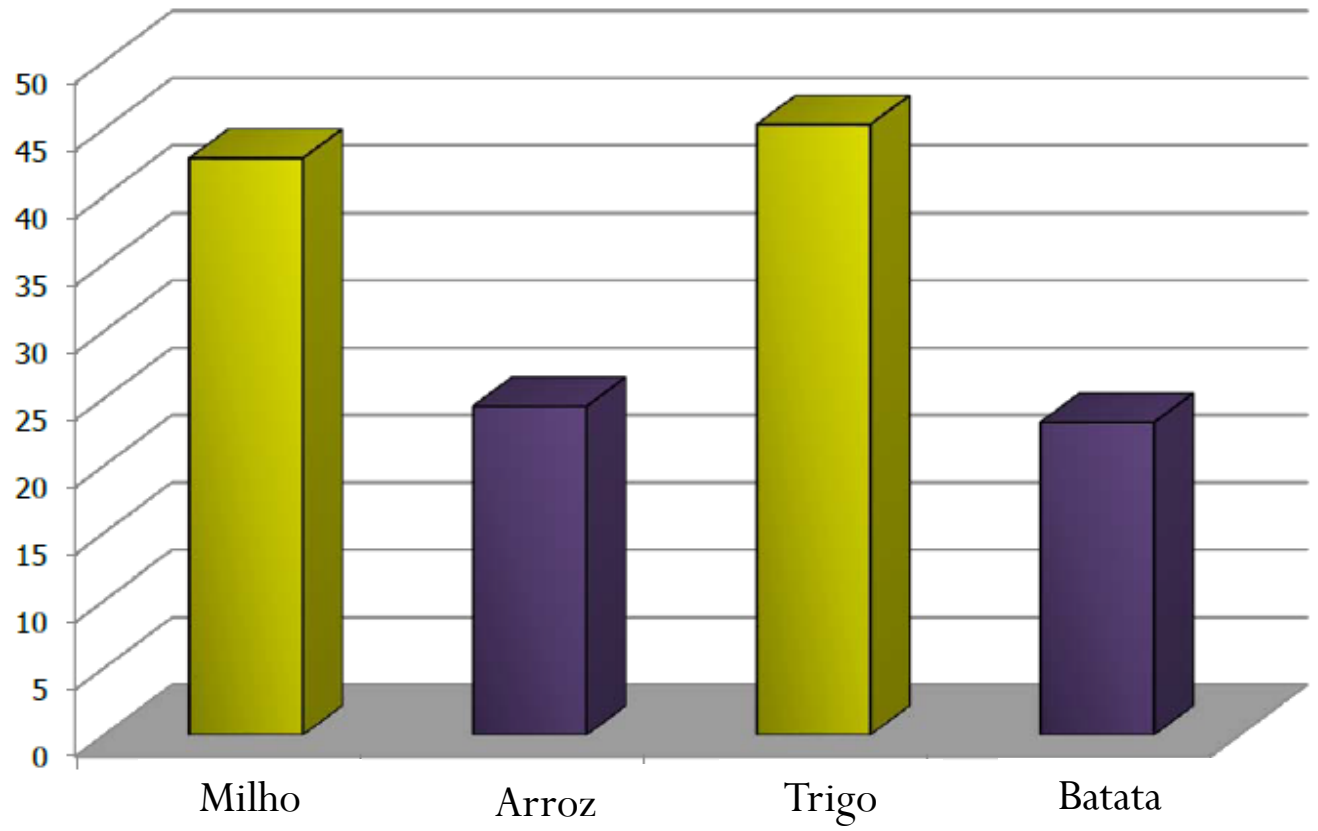
Date provided by Buhler AG.

Typical Specific Mechanical Energy (SME) Requirements

Product	SME (kWh/t)
Dog Food	18.75 - 22.5
Cat Food	30.00 - 37.5
High Fat Pet Food	18.75
Treats	18.75 - 30.0

Date provided by Wenger Manufacturing Inc.

Diferentes EME entre fontes de carboidratos

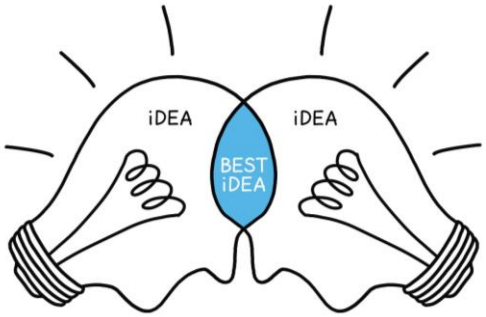


(Zimonja & Svihus, 2008)



Como avaliar e medir as implicações nutricionais e econômicas de diferentes implementações de energia mecânica (EME) e energia térmica (ETE)?





WENGER®

Avaliar 3 relações de energia 8, 20, 30 KW/h/ton

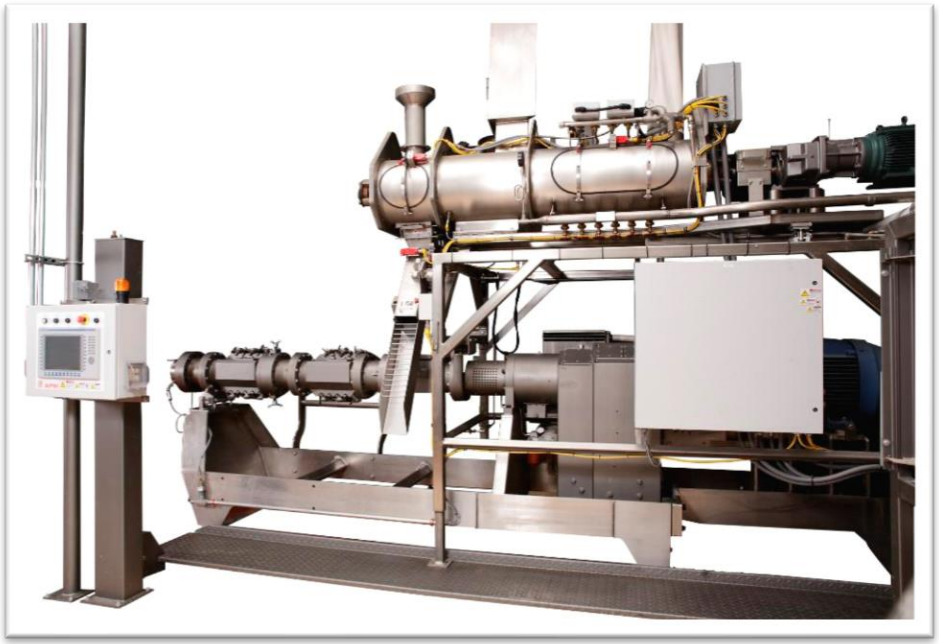
- **No Extrusor:**
  - Diferenças no custo de produção com diferentes relações de EME e ETE

- ***In vivo (Cães e Gatos)***
  - Digestibilidade dos nutrientes e da energia;
  - Produtos de fermentação no cólon (AGCC, AGCR, ácido lático e NH_3)
  - Palatabilidade das dietas.

- **No alimento:**
  - Fenômeno de complexação do teor de gordura
  - Índice de gelatinização e quantificação de amido resistente;
  - Estrutura do kibble (Texturômetro e Microscopia Eletrônica por Varredura)
  - Alterações no conteúdo de aminoácidos vitaminas e selênio

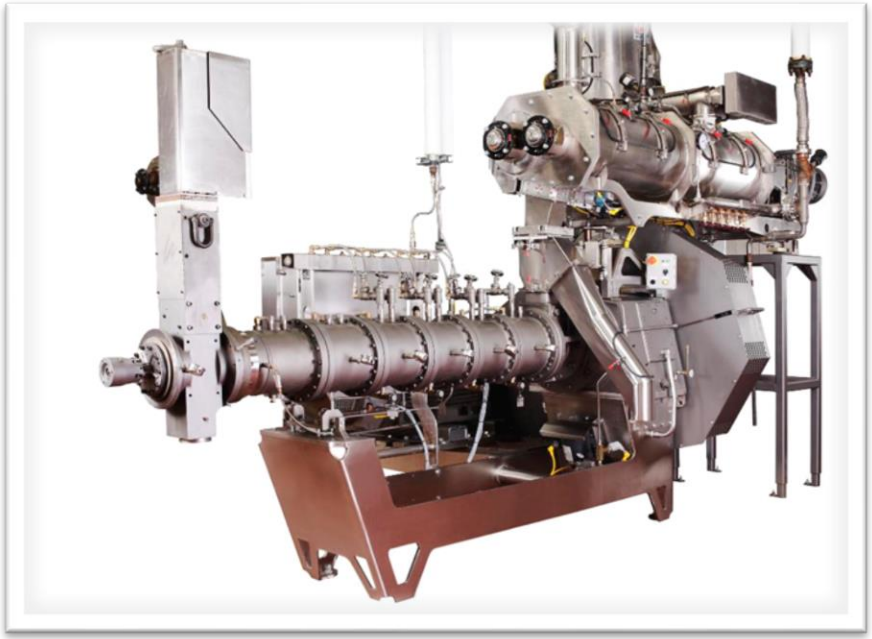
Extrusão (escala Industrial)

- As dietas para cães e gatos foram extrusadas no Laboratório de Extrusão da Wenger Manufacturing em Sabetha, KS-USA.



8 KW/h/ton

"Thermal Twin TT760"



20 e 30 KW/h/ton

"Single extruder X165"

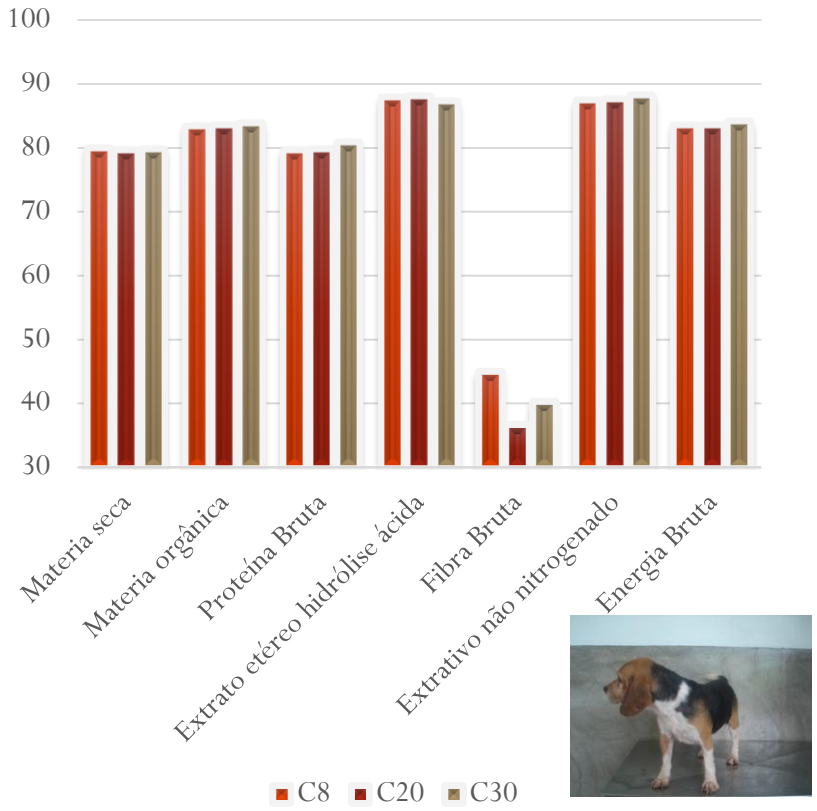
Valores do Balanço de energia e custo de produção

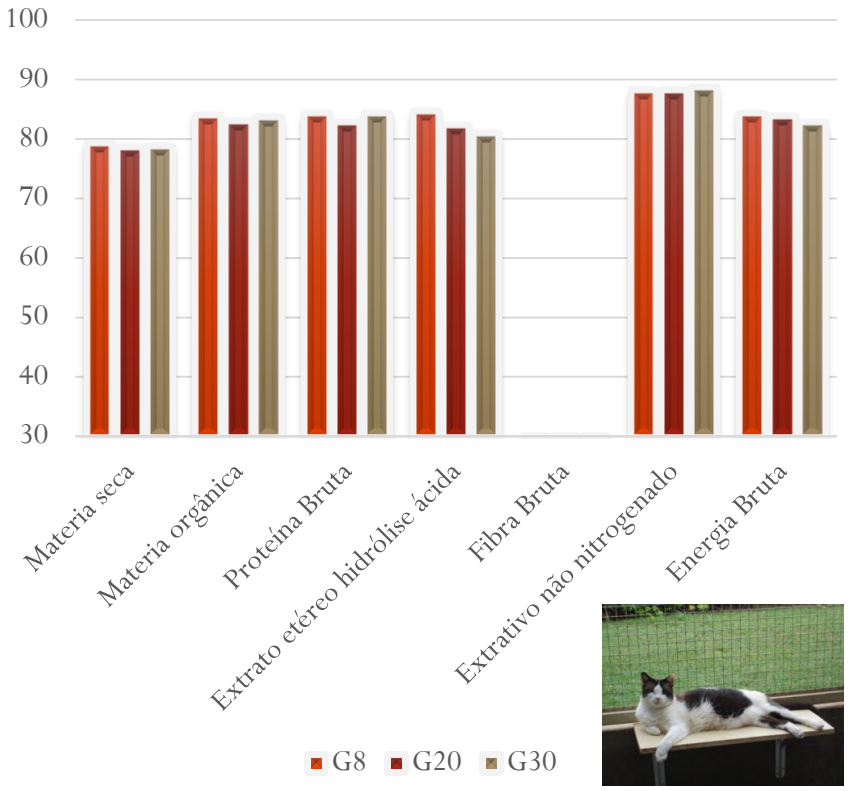
	Implementação de EME		
	8	**20**	**30**
Experimento com dietas para Cão			
EME (kWh/t)	8.0	20.0	28.0
ETE (kWh/t)	98.4	62.0	47.6
EET (kWh/t)	106.4	82.0	75.6
ETE/EME	12.3	3.1	1.7
Temperatura da matriz (C°)	140	112	113
Umidade de processo (%)	28.9	28.4	26.5
Custo de produção (US$/t) [a]	4.23	5.05	5.94
Experimento com dietas para gato			
EME (kWh/t)	7.3	20.8	29.3
ETE (kWh/t)	90.5	94.3	105.5
EET (kWh/t)	97.8	115.1	134.8
ETE/EME	12.4	4.6	3.6
Temperatura da matriz (C°)	143	161	151
Umidade de processo (%)	29.13	32.26	30.09
Custo de produção (US$/t) [a]	4.42	6.10	6.44

[a]- Estimativas baseadas nos custos assumidos no 2° semestre do ano de 2013: Custo da água $1.15/1000 kg; Custo do vapor $22.60/1000 kg; Custo da energia elétrica $0.065/kWh; Custo de manutenção e reparo $1.25/22 kWh/t de EME.

Digestibilidade cães e gatos

- ≠s na relação EME e ETE não influenciaram.
  - Digestibilidade e absorção de macronutrientes e na fermentação no cólon.





Teores de gordura das amostras (Cães e Gatos) – Complexo amido-lípidio

Item	EME (kWh/t)			EPM [a]	Valor de p
	8	20	30		
Cães					
Extrato etéreo (g/kg)	40.2[c]	38.5[d]	33.2[e]	0.02	<.0001
Extrato etéreo hidrólise ácida (g/kg)	71.1[c]	70.7[c]	69.3[c]	0.12	0.5619
Gatos					
Extrato etéreo (g/kg)	40.4[c]	36.9[d]	33.4[e]	0.02	<.0001
Extrato etéreo hidrólise ácida (g/kg)	75.2[c]	71.9[c]	71.6[c]	0.15	0.2292

- Maiores teores de complexo amido-lípideo podem apresentar características funcionais (De Pilli et al., 2011).
- Formação pode explicar a redução do CDA do EEHA das rações para gatos.

Produção e qualidade fecal Cães e gatos

Sem diferenças entre as dietas (P > 0.05)



Item	Dietas			EPM	Valor p
	C8	**C20**	**C30**		
pH	5.88	5.96	6.06	0.09	0.4243
Escore	3.78	3.81	3.85	0.07	0.8182
g/dog /d (MS)	33.09	32.99	32.82	1.20	0.9870





Item	Dietas			EPM	Valor p
	G8	**G20**	**G30**		
pH	5,96	5,86	5,53	0,32	0.0713
Escore¶	3,66	3,53	3,65	0,13	0.9591
g/dog /d (MS)	31,73	38,81	35,23	4.63	0.5701





Palatabilidade

- A palatabilidade é uma preocupação com a soma dos aspectos sensoriais de sabor, cheiro, mastigação, textura, forma e tamanho do alimento,(Griffin, 2003).

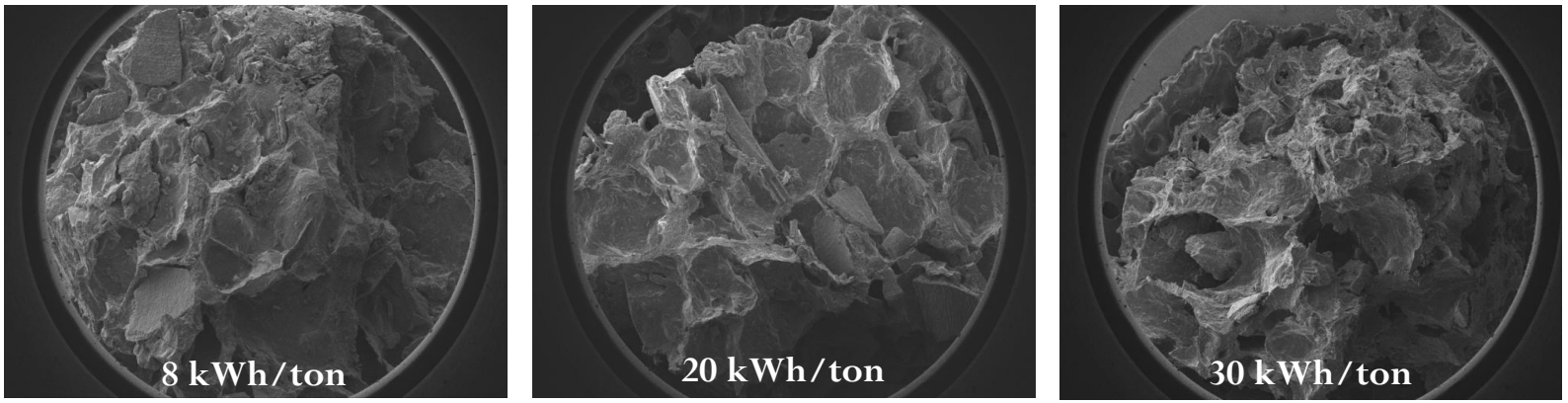
- **Palatabilidade das dietas do estudo:**
- **- Alimento para cães: 20 > 8 > 30 SME**
- **- Alimento para gatos : 8 > 20 > 30 SME**

- Estes resultados com cães e gatos discordam de Trivedi e Benning, 2003, Dunford et al., 2002 quando se relata EME para gatos.

Efeito de diferentes EME e estrutura dos extrusados



Fotografia dos extrusados



Fotomigrografia eletrônica da área interna dos extrusados (aumento de 36x).

Importante diferença na estrutura celular dos extrusados:

8 kWh/ton – células largas

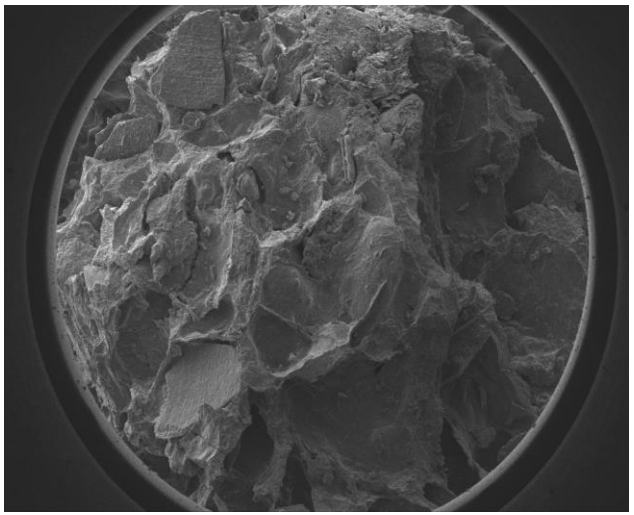
20 kWh/ton – estrutura uniforme, células bem definidas

30 kWh/ton – células pequenas e desuniformes

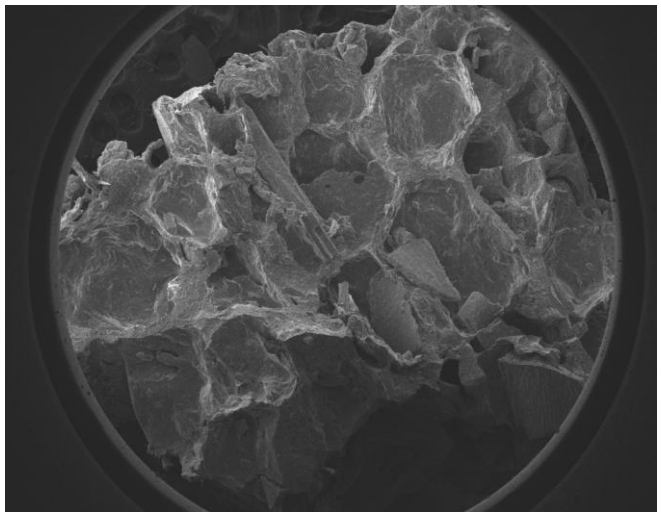


Estrutura interna + absorção gordura = palatabilidade

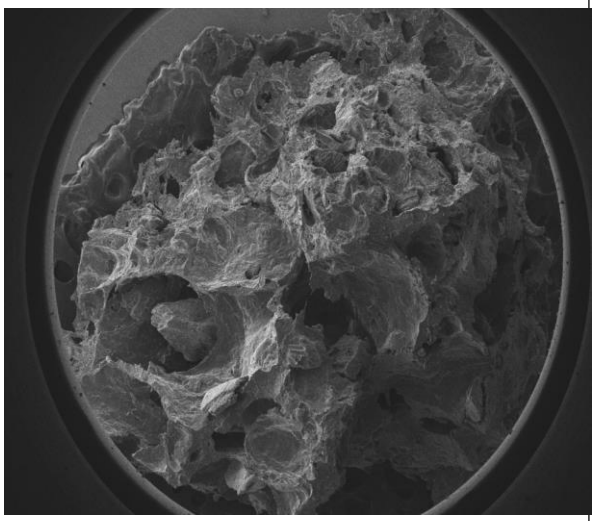
- Dunford et al. (2002)
  - Estrutura interna mais uniforme conforme maior EME e menor quanto mais o EME é aumentada.



C8 kWh/ton



C20 kWh/ton



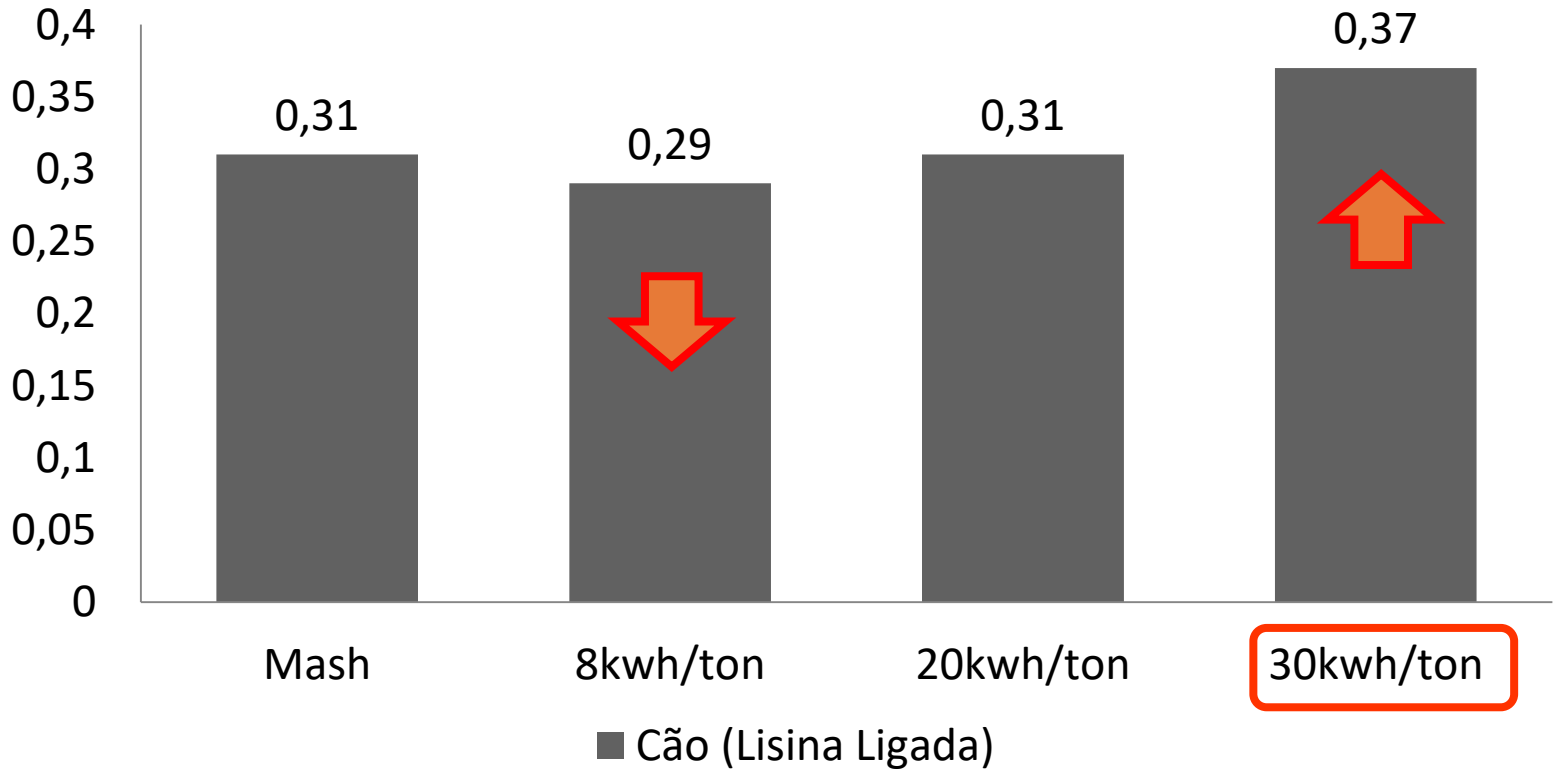
C30 kWh/ton

- Alimento para cães: 20 > 8 > 30 SME

Quantificação de aminoácidos (cães)

Item	Dietas[1]				EPM[2]	Valor	Contraste
Aminoácidos totais	**AExt**	**C8**	**C20**	**C30**		**p**	**AExt versus Cs[3]**
Lisina	1.625[b]	1.751[a]	1.686[ba]	1.698[ba]	0.03	0.0327	0.0126
Treonina	1.083[b]	1.147[a]	1.115[ba]	1.110[ba]	0.01	0.0191	0.0112
Metionina+cistina	0.959[ba]	1.033[a]	0.965[ba]	0.947[b]	0.02	0.0315	0.3301
Arginina	1.728[b]	1.847[a]	1.788[ba]	1.777[ba]	0.02	0.0057	0.0040
Histidina	0.574[b]	0.612[a]	0.575[b]	0.589[ba]	0.01	0.0183	0.0770
Isoleucina	**0.956**	**1.034**	**0.999**	**0.987**	**0.02**	**0.0915**	**0.0450**
Leucina	**2.219**	**2.309**	**2.256**	**2.242**	**0.03**	**0.1421**	**0.1183**
Fenilalanina	**1.159**	**1.205**	**1.193**	**1.168**	**0.02**	**0.2302**	**0.1522**
Serina	**1.202**	**1.254**	**1.223**	**1.215**	**0.02**	**0.1371**	**0.1206**
Tirosina	**0.868**	**0.898**	**0.878**	**0.853**	**0.03**	**0.1472**	**0.5672**
Valina	1.224[b]	1.300[a]	1.261[ba]	1.247[ba]	0.02	0.0067	0.0500
Triptofano	**0.374**	**0.375**	**0.355**	**0.270**	**0.04**	**0.1511**	**0.3197**
Total aminoácidos	26.18[b]	**27.43[a]**	26.63[ba]	26.36[ba]	0,27	0.0308	0.0683

Efeito de diferentes relações EME:ETE sobre conteúdo de lisina



Quantificação de aminoácidos (gatos)

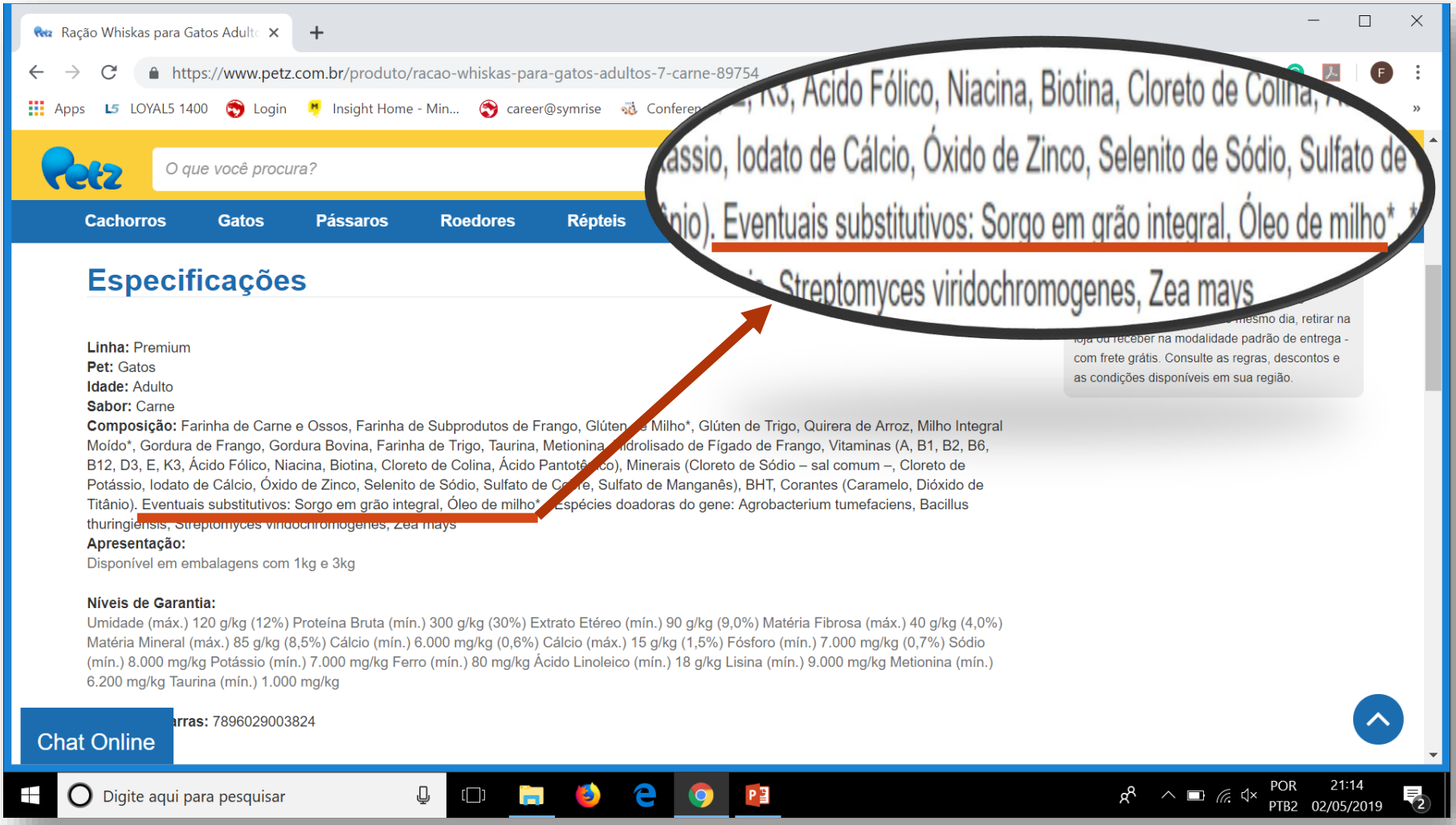
Item	Antes extrusão	EME (kWh/t)			EPM[a]	Valor p	Contraste
		8	20	30			Cru x Ext[b]
Umidade (g/kg)	83.9	55.7	67.2	81.4	0.07	-	-
Aminoácidos totais (g/kg)	360.6[e]	373.6[de]	368.9[e]	385.1[d]	3.58	0.0027	0.0027
Aminoácidos Indispensáveis (g/kg, sobre a MS)[c]							
Arginina	24.37[e]	28.51[d]	27.82[d]	28.48[d]	0.74	0.0032	0.0004
Lisina	20.62[e]	22.93[d]	22.46[d]	23.15[d]	0.04	0.0016	0.0002
Treonina	14.43[e]	15.56[d]	15.10[de]	15.68[d]	0.02	0.0014	0.0004
Fenilanina	17.20[e]	17.54[de]	17.32[e]	18.09[d]	0.02	0.0172	0.0448
Metionina	9.86	9.89	9.75	10.20	0.02	0.5046	0.7387
Isoleucina	14.12[e]	14.96[d]	14.66[d]	15.17[d]	0.01	0.0004	0.0001
Histidina	7.63[e]	8.17[de]	8.13[de]	8.53[d]	0.02	0.0183	0.0055
Leucina	35.76[de]	35.33[e]	34.64[e]	36.98[d]	0.03	0.001	0.7461
Valina	17.20[e]	18.16[d]	18.16[de]	18.29[d]	0.02	0.0019	0.0005
Aminoácidos livres (g/kg, sobre a MS)							
Lisina	2.59	2.59	2.43	2.61	0.004	0.0886	0.3894
Metionina	2.03[de]	2.05[c]	1.89[e]	1.94[de]	0.003	0.0234	0.1161

Retenção de vitaminas depois da extrusão

% Retençao	Vitamina A	Vitamina D_3	Vitamina E	Beta-carotene
30 kWhr/t EME	67%	61%	57%	60%
8 kWhr/t EME	88%	75%	58%	95%

Reteção mineral de Selênio

Amostra	Quantidade de selênio (ppb)
Ração crua	276.5
8 kWhr/t EME	143.5
20 kWhr/t EME	122.5
30 kWhr/t EME	106.0



Como avaliar e medir as implicações na aparência de extrusados com diferentes eventuais substitutos modificando energia mecânica (EME) e energia térmica (ETE)?

Grain Science & Industry

KANSAS STATE UNIVERSITY

Avaliar relações de Baixa, Média e Alta ETE

- **No Extrusor:**
  - Avaliar diferentes energias térmicas e mecânicas nos diferentes dietas
    - *Oito tratamentos*
      - **Baixa (70-80°C)/500 RPM :** Sorgo Vermelho, Sorgo Branco;
      - **Média (80-90°C)/400 RPM :** Sorgo Vermelho; Sorgo Branco; Milho, Arroz;
      - **Alta (90-100°C)/300 RPM :** Sorgo Vermelho, Sorgo Branco.

    - **No alimento:**
      - Tamanho e forma dos extrusados
      - Índice de gelatinização
      - Estrutura do kibble (Texturômetro)

Extrusão (escala piloto)

• As dietas para cães foram extrusadas no planta piloto do Laboratório de Extrusão da KSU, Manhattan, KS-USA.



Grain Science & Industry

KANSAS STATE UNIVERSITY

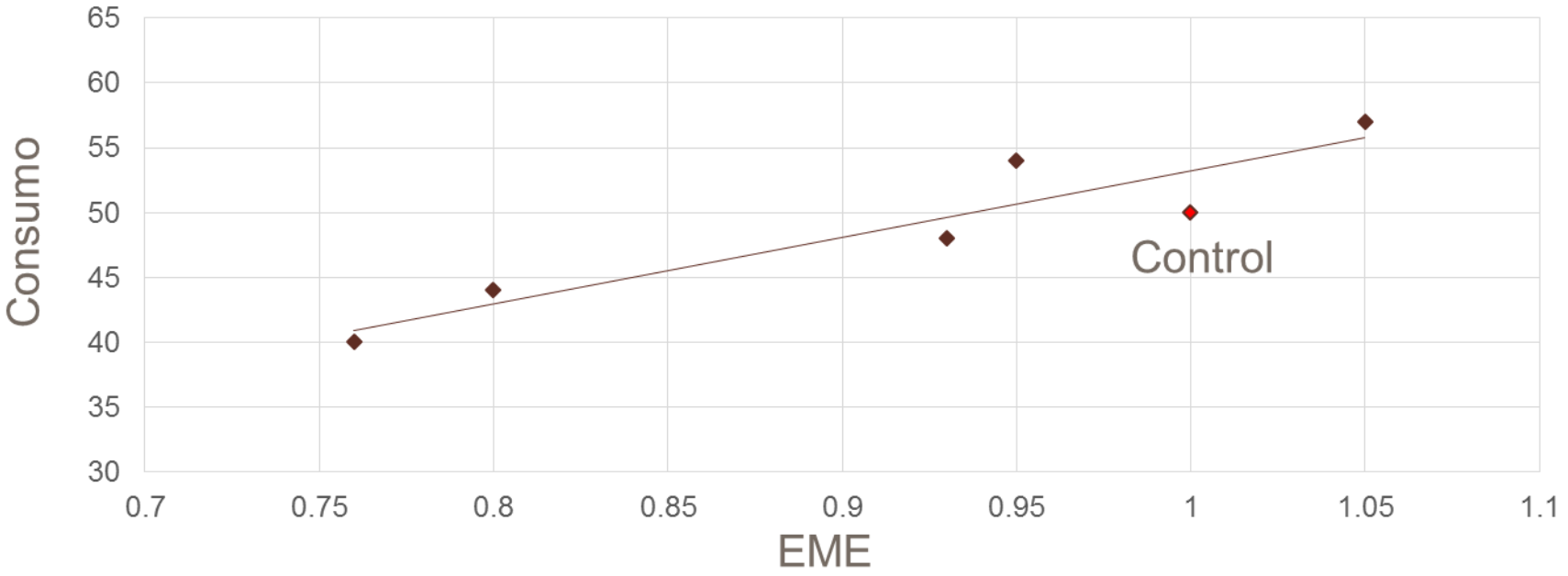


Single extruder Wenger X-20

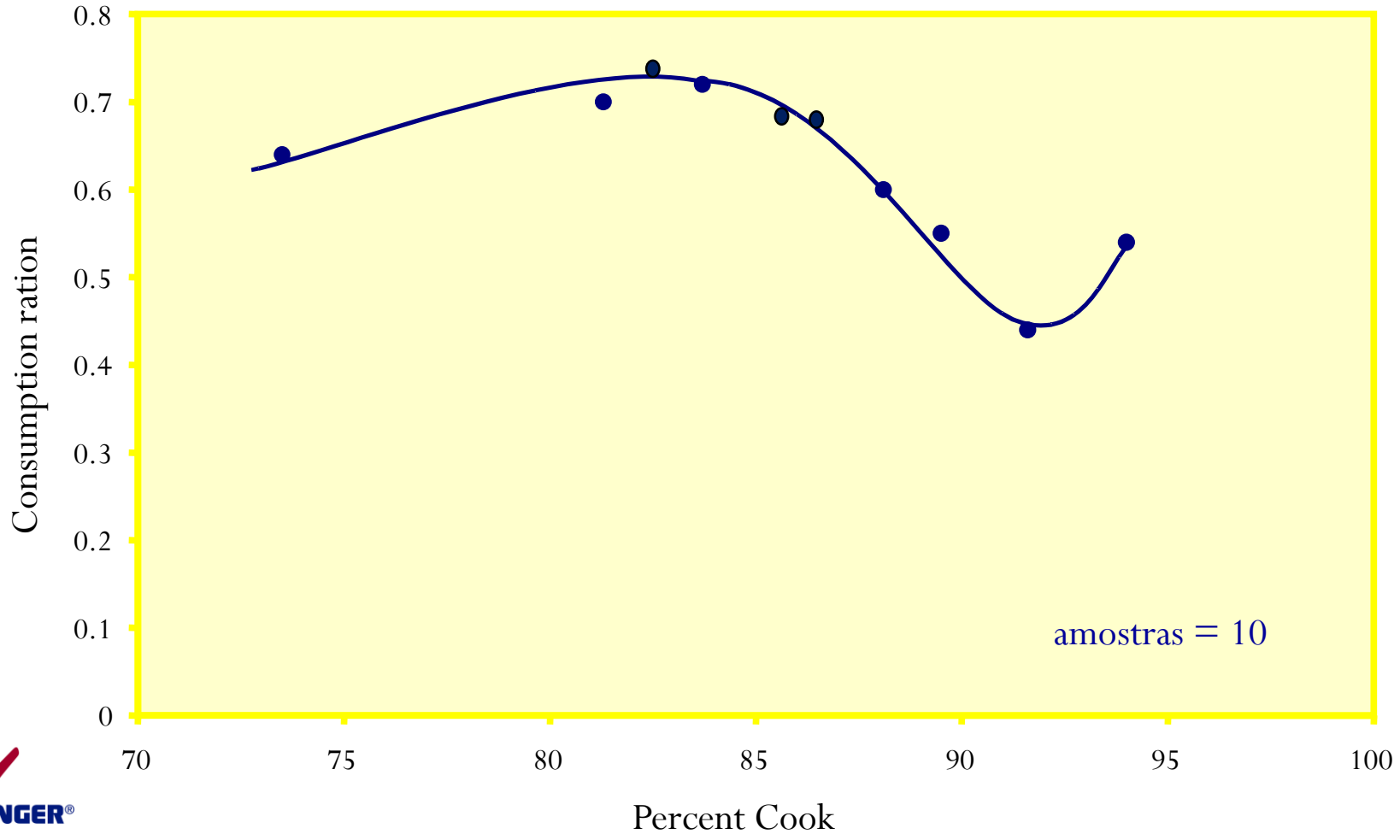
(Energia Mecânica X Energia térmica)

Item	Milho Média[b]	Arroz Média	Sorgo Vermelho Baixa[c]	Sorgo Vermelho Média	Sorgo Vermelho Alta [d]	Sorgo Branco Baixa	Sorgo Branco Média	Sorgo Branco Alta	EPM[a]	Valor P
DGM[b], Peneiras (µm)	342±1.5	270±1.8	284±1.3	284±1.3	284±1.3	290±1.5	290±1.5	290±1.5	-	-
Pré-condicionador										
Temperatura massa (°C)	86.5^{i}	83.7^{j}	72.2^{k}	83.2^{j}	95.0^{h}	73.0^{k}	84.2^{ji}	94.5^{a}	0.53	<.0001
Umidade massa (%)	22.8^{h}	21.1^{ihj}	20.9^{ihj}	21.1^{ihj}	19.9^{j}	22.1^{ih}	20.6^{ij}	19.9^{c}	0.42	0.0005
Fluxo de massa (kg/h)	184	182	162	162	162	165	165	165	-	-
Extrusor										
Temperatura massa (°C)	132.0^{k}	189.0^{h}	163.3^{ij}	177.2^{ih}	160.7^{ij}	129.3^{k}	130.7^{k}	154.8^{c}	3.64	<.0001
Fluxo de massa (kg/h)	194	192	171	171	171	174	174	174	-	-
Carga do motor (%)	20.3	20.8	18.8	30.4	30.0	26.5	23.5	25.3	2.66	0.0306
EME (Kwh/t)[e]	31	32	40	53	38	56	40	33	-	-
ETE (Kwh/t)[f]	**61**	**61**	***53***	***64***	***78***	***53***	***62***	***76***	-	-
EET (Kwh/t)[g]	92	92	94	117	116	109	102	108	-	-
Relação ETE/EME	2	1.9	1.3	1.2	2.0	1.7	1.6	2.3	-	-
Secador										
Umidade extrusado (%)	6.9^{j}	6.3^{k}	7.0^{ij}	7.0^{ij}	6.8^{kj}	7.4^{ih}	7.5^{h}	6.7^{dc}	0.16	<.0001
Densidade aparente (g/L)	311^{f}	341^{k}	322^{l}	313^{f}	321^{l}	371^{h}	350^{j}	361^{b}	1.44	<.0001
Densidade espec. (g/mm^3)	0.37^{k}	0.42^{ji}	0.40^{cik}	0.38^{jk}	0.37^{k}	0.49^{h}	0.47^{h}	0.43^{b}	0.01	<.0001
Expansão radial	2.5^{h}	2.5^{h}	2.4^{h}	2.5^{h}	2.5^{h}	2.1^{b}	2.2^{i}	2.2^{b}	0.04	<.0001
C. específico (cm/g)	2.28^{h}	1,98^{k}	2.14^{ihj}	2.22^{ih}	2.24^{h}	2.00^{kj}	2.07^{ikj}	2.25^{a}	0.06	<.0001
Rigidez (kgf/mm)	6.4^{k}	11.3^{h}	8.0^{ijk}	8.0^{ijk}	6.8^{jk}	9.8^{ih}	9^{ij}	9^{bc}	0.53	<.0001
Índice gelatinização (%)	**89^{h}**	**84^{i}**	**82^{j}**	**83^{j}**	**83^{j}**	**67^{l}**	**67^{l}**	**69^{e}**	**0.12**	**<.0001**

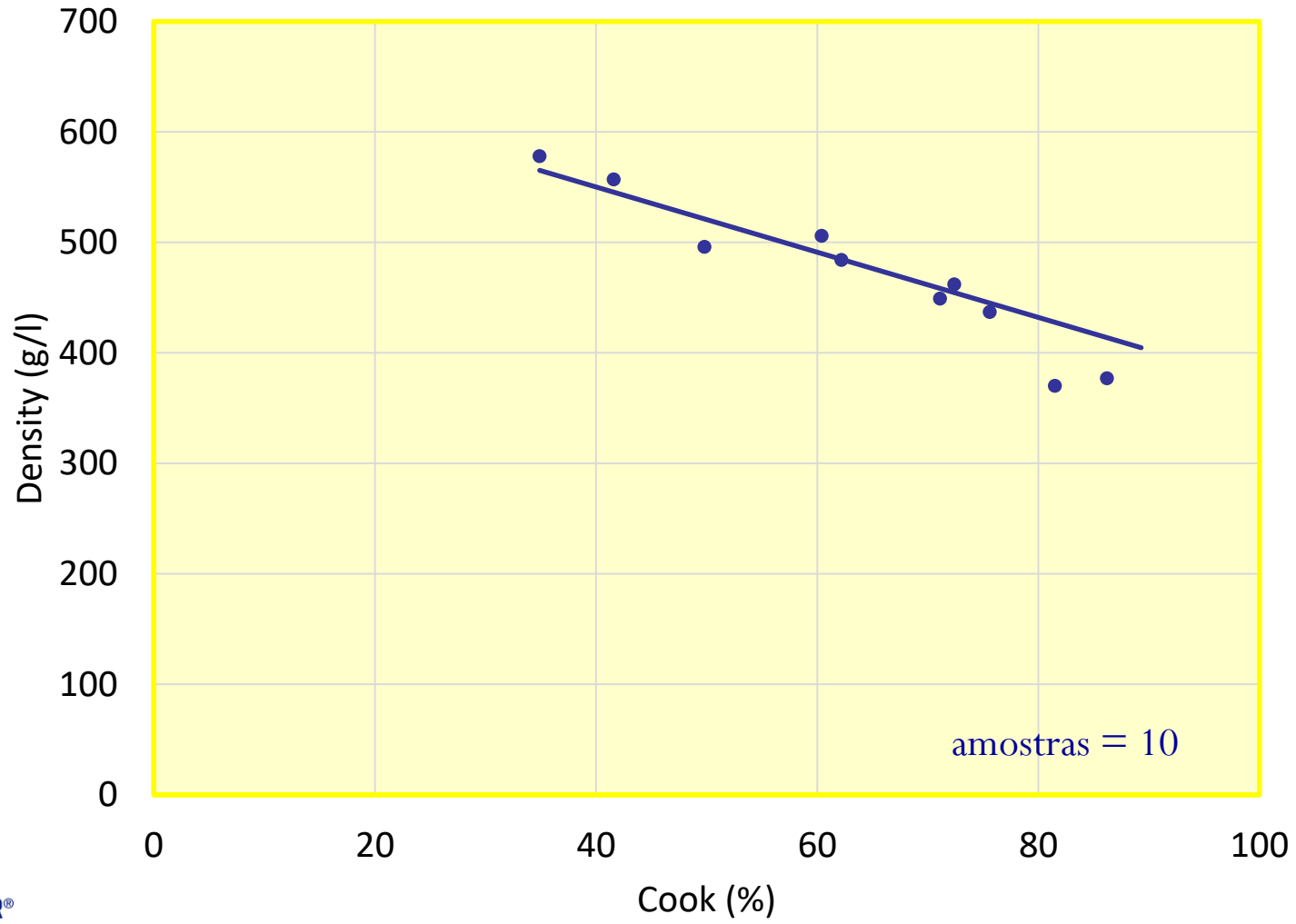
Palatabilidade com aumento da Energia térmica



Efeito da gelatinização sobre a palatabilidade

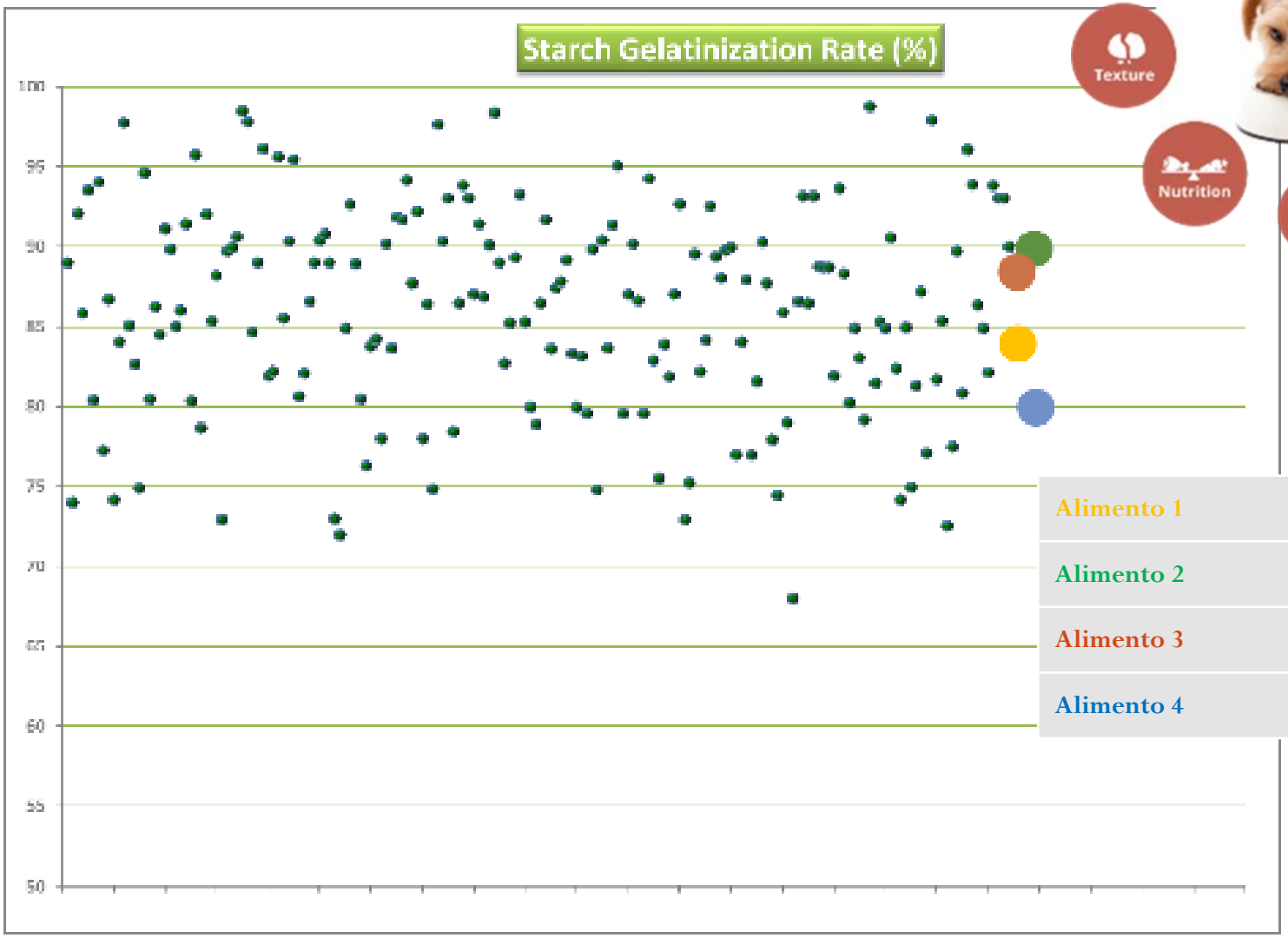


Efeito da gelatinização sobre a Densidade aparente



Gelatinização (Kibble Mapping)





N= 34

Alimento 1	✓
Alimento 2	✓
Alimento 3	✓
Alimento 4	✓

dianapetfood

(Energia Mecânica X Energia térmica)

Item	Milho Média[b]	Arroz Média	Sorgo Vermelho Baixa[c]	Sorgo Vermelho Média	Sorgo Vermelho Alta [d]	Sorgo Branco Baixa	Sorgo Branco Média	Sorgo Branco Alta	EPM[a]	Valor P
DGM[b], Peneiras (µm)	342±1.5	270±1.8	284±1.3	284±1.3	284±1.3	290±1.5	290±1.5	290±1.5	-	-
Pré-condicionador										
Temperatura massa (°C)	86.5^{i}	83.7^{j}	72.2^{k}	83.2^{j}	95.0^{h}	73.0^{k}	84.2^{ji}	94.5^{a}	0.53	<.0001
Umidade massa (%)	22.8^{h}	21.1^{ihj}	20.9^{ihj}	21.1^{ihj}	19.9^{j}	22.1^{ih}	20.6^{ij}	19.9^{c}	0.42	0.0005
Fluxo de massa (kg/h)	184	182	162	162	162	165	165	165	-	-
Extrusor										
Temperatura massa (°C)	132.0^{k}	189.0^{h}	163.3^{ij}	177.2^{ih}	160.7^{ij}	129.3^{k}	130.7^{k}	154.8^{c}	3.64	<.0001
Fluxo de massa (kg/h)	194	192	171	171	171	174	174	174	-	-
Carga do motor (%)	20.3	20.8	18.8	30.4	30.0	26.5	23.5	25.3	2.66	0.0306
EME (Kwh/t)[e]	31	32	40	53	38	56	40	33	-	-
ETE (Kwh/t)[f]	61	61	*53*	*64*	*78*	*53*	*62*	*76*	-	-
EET (Kwh/t)[g]	92	92	94	117	116	109	102	108	-	-
Relação ETE/EME	2	1.9	1.3	1.2	2.0	1.7	1.6	2.3	-	-
Secador										
Umidade extrusado (%)	6.9^{j}	6.3^{k}	7.0^{ij}	7.0^{ij}	6.8^{kj}	7.4^{ih}	7.5^{h}	6.7^{dc}	0.16	<.0001
Densidade aparente (g/L)	**311^{f}**	**341^{k}**	**322^{l}**	**313^{f}**	**321^{l}**	**371^{h}**	**350^{j}**	**361^{b}**	**1.44**	**<.0001**
Densidade espec. (g/mm^{3})	0.37^{k}	0.42^{ji}	0.40^{cik}	0.38^{jk}	0.37^{k}	0.49^{h}	0.47^{h}	0.43^{b}	0.01	<.0001
Expanção radial	**2.5^{h}**	**2.5^{h}**	**2.4^{h}**	**2.5^{h}**	**2.5^{h}**	**2.1^{b}**	**2.2^{i}**	**2.2^{b}**	**0.04**	**<.0001**
C. específico (cm/g)	2.28^{h}	1,98^{k}	2.14^{ihj}	2.22^{ih}	2.24^{h}	2.00^{kj}	2.07^{ikj}	2.25^{a}	0.06	<.0001
Rigidez (kgf)	6.4^{k}	11.3^{h}	8.0^{ijk}	8.0^{ijk}	6.8^{jk}	9.8^{ih}	9^{ij}	9^{bc}	0.53	<.0001
Índice gelatinização (%)	**89^{h}**	**84^{i}**	**82^{j}**	**83^{j}**	**83^{j}**	**67^{l}**	**67^{l}**	**69^{e}**	**0.12**	**<.0001**



Sorgo Vermelho Baixa



Sorgo Vermelho Média



Sorgo Vermelho Alta



Sorgo Branco Baixa



Sorgo Branco Média



Sorgo Branco Alta

ETE



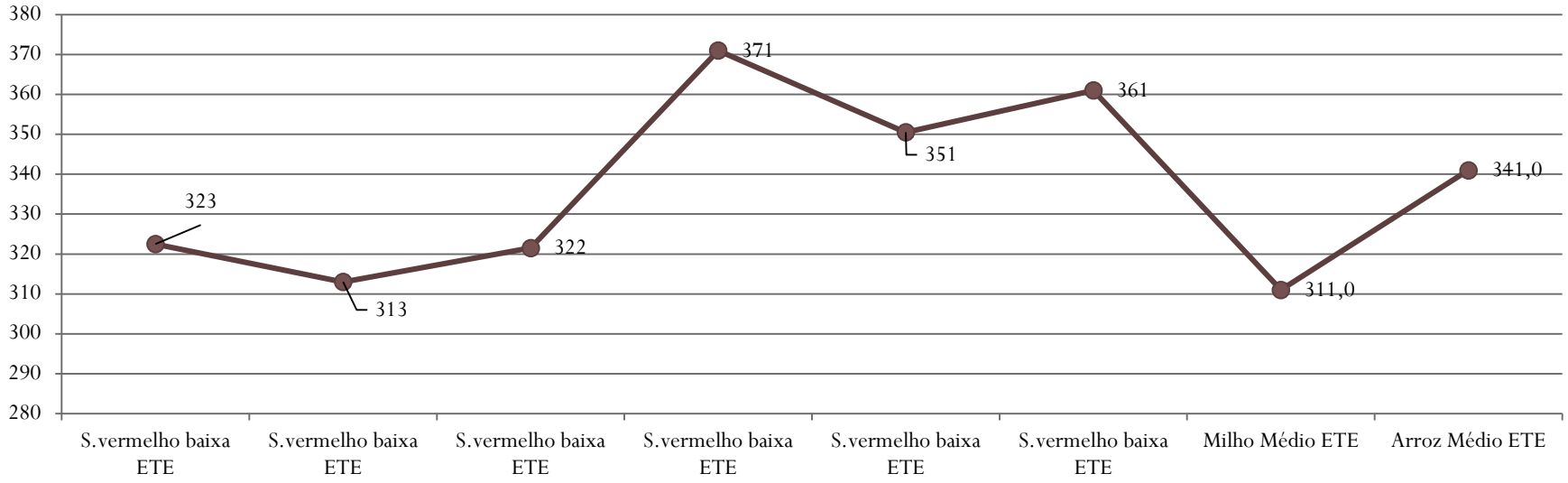
Arroz Média

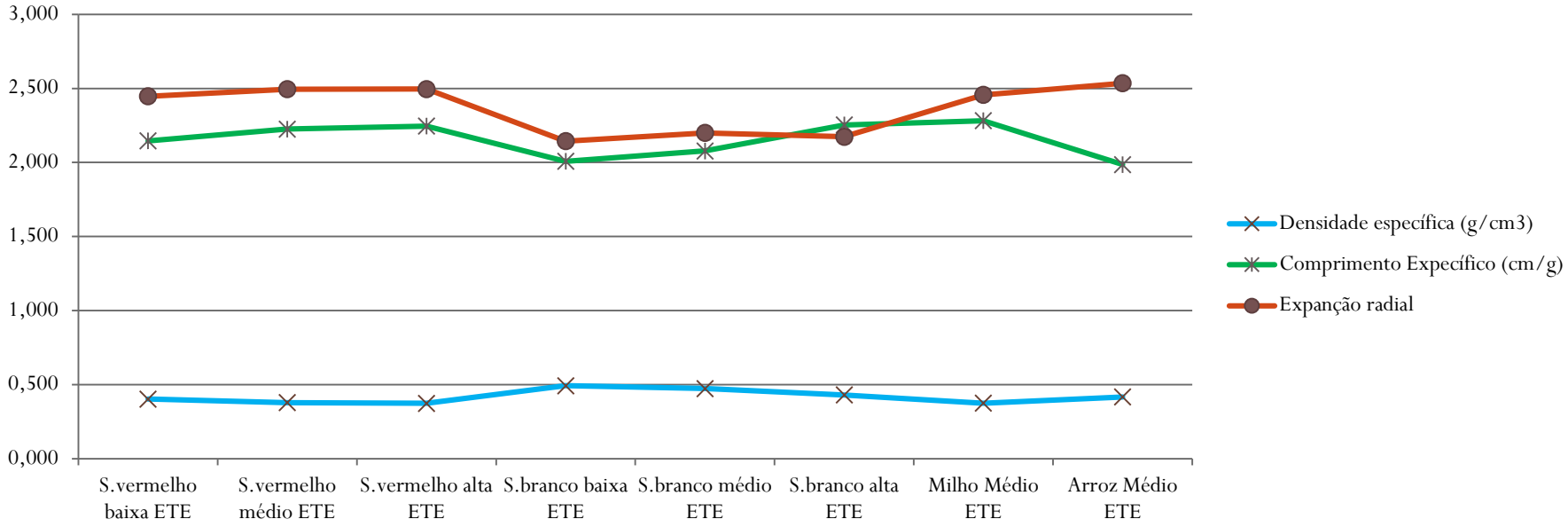
ETE



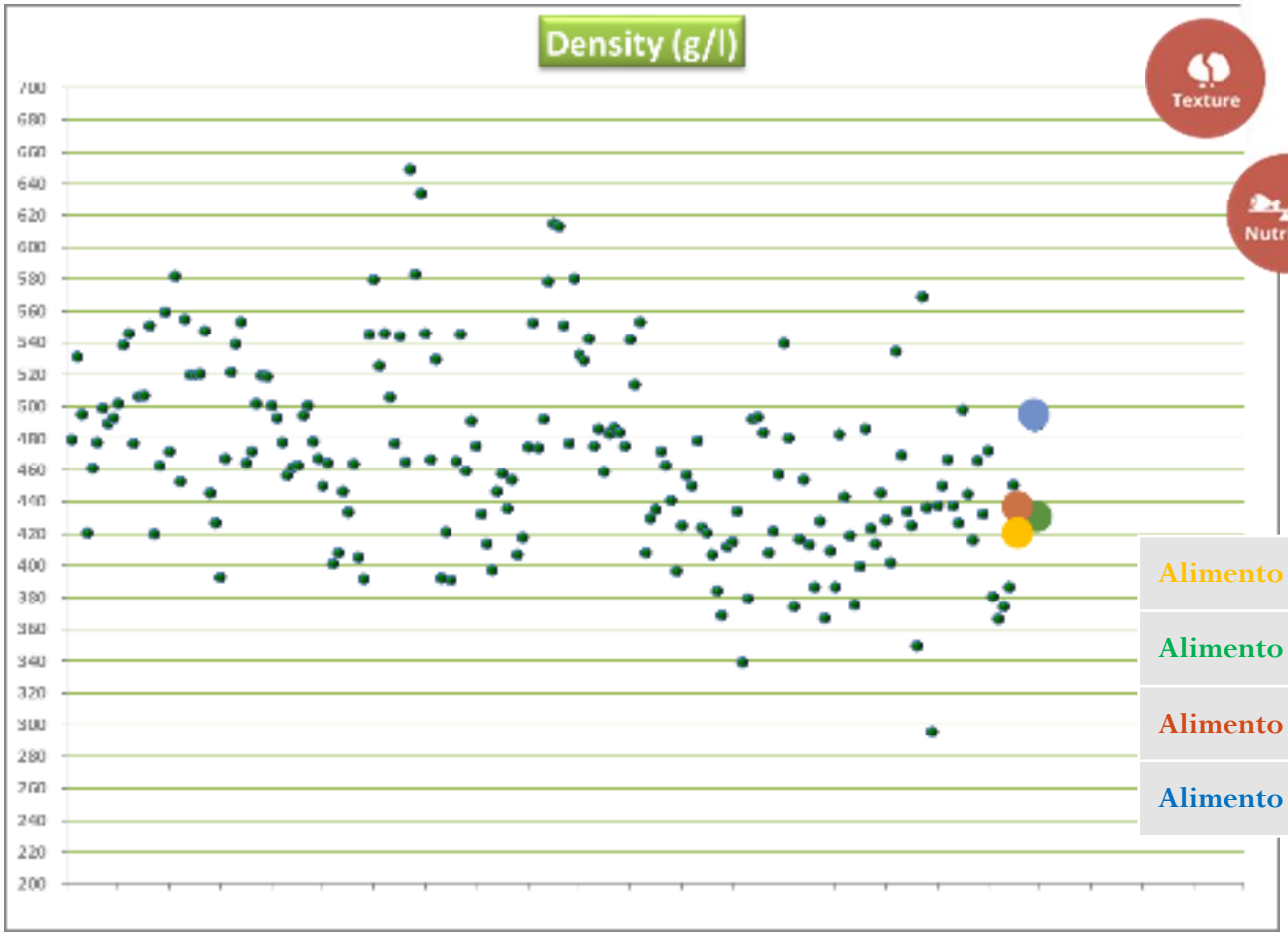
Milho Média ETE

Densidade Aparente (g/L)





Densidade (Kibble Mapping)





N= 38

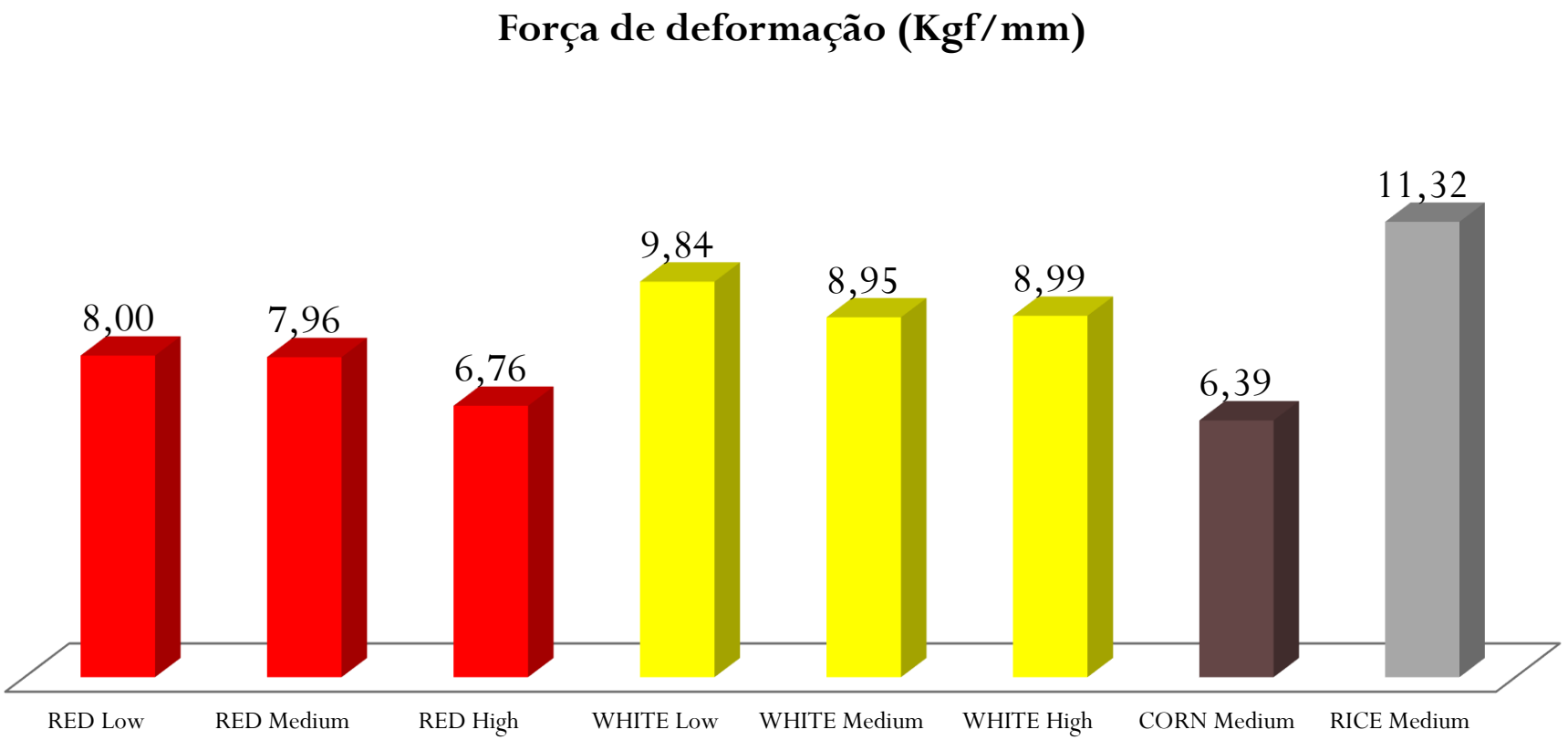
Alimento 1	✓
Alimento 2	✓
Alimento 3	✓
Alimento 4	!

dianapetfood

(Energia Mecânica X Energia térmica)

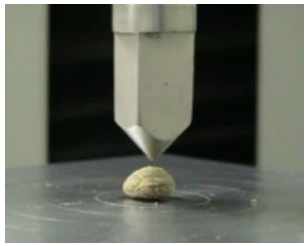
Item	Milho Média[b]	Arroz Média	Sorgo Vermelho Baixa[c]	Sorgo Vermelho Média	Sorgo Vermelho Alta [d]	Sorgo Branco Baixa	Sorgo Branco Média	Sorgo Branco Alta	EPM[a]	Valor P
DGM[b], Peneiras (µm)	342±1.5	270±1.8	284±1.3	284±1.3	284±1.3	290±1.5	290±1.5	290±1.5	-	-
Pré-condicionador										
Temperatura massa (°C)	86.5^{i}	83.7^{j}	72.2^{k}	83.2^{j}	95.0^{h}	73.0^{k}	84.2^{ji}	94.5^{a}	0.53	<.0001
Umidade massa (%)	22.8^{h}	21.1^{ihj}	20.9^{ihj}	21.1^{ihj}	19.9^{j}	22.1^{ih}	20.6^{ij}	19.9^{c}	0.42	0.0005
Fluxo de massa (kg/h)	184	182	162	162	162	165	165	165	-	-
Extrusor										
Temperatura massa (°C)	132.0^{k}	189.0^{h}	163.3^{ij}	177.2^{ih}	160.7^{ij}	129.3^{k}	130.7^{k}	154.8^{c}	3.64	<.0001
Fluxo de massa (kg/h)	194	192	171	171	171	174	174	174	-	-
Carga do motor (%)	20.3	20.8	18.8	30.4	30.0	26.5	23.5	25.3	2.66	0.0306
EME (Kwh/t)[e]	31	32	40	53	38	56	40	33	-	-
ETE (Kwh/t)[f]	61	61	*53*	*64*	*78*	*53*	*62*	*76*	-	-
EET (Kwh/t)[g]	92	92	94	117	116	109	102	108	-	-
Relação ETE/EME	2	1.9	1.3	1.2	2.0	1.7	1.6	2.3	-	-
Secador										
Umidade extrusado (%)	6.9^{j}	6.3^{k}	7.0^{ij}	7.0^{ij}	6.8^{kj}	7.4^{ih}	7.5^{h}	6.7^{dc}	0.16	<.0001
Densidade aparente (g/L)	311^{f}	341^{k}	322^{l}	313^{f}	321^{l}	371^{h}	350^{j}	361^{b}	1.44	<.0001
Densidade espec. (g/mm^3)	0.37^{k}	0.42^{ji}	0.40^{cik}	0.38^{jk}	0.37^{k}	0.49^{h}	0.47^{h}	0.43^{b}	0.01	<.0001
Expansão radial	2.5^{h}	2.5^{h}	2.4^{h}	2.5^{h}	2.5^{h}	2.1^{b}	2.2^{i}	2.2^{b}	0.04	<.0001
C. específico (cm/g)	2.28^{h}	1,98^{k}	2.14^{ihj}	2.22^{ih}	2.24^{h}	2.00^{kj}	2.07^{ikj}	2.25^{a}	0.06	<.0001
Rigidez (kgf/mm)	**6.4^{k}**	**11.3^{h}**	**8.0^{ijk}**	**8.0^{ijk}**	**6.8^{jk}**	**9.8^{ih}**	**9^{ij}**	**9^{bc}**	**0.53**	**<.0001**
Índice gelatinização (%)	89^{h}	84^{i}	82^{j}	83^{j}	83^{j}	67^{l}	67^{l}	69^{e}	0.12	<.0001

Rigidez


Força de deformação (Kgf/mm)
8,00
7,96
6,76
9,84
8,95
8,99
6,39
11,32
RED Low
RED Medium
RED High
WHITE Low
WHITE Medium
WHITE High
CORN Medium
RICE Medium

Umidade e Rigidez

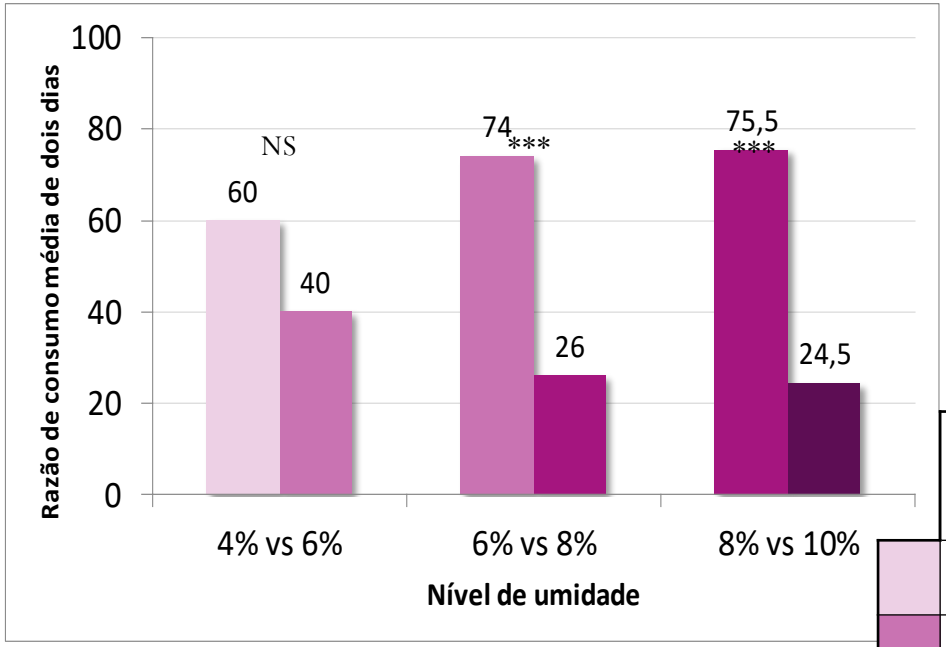
Impacto na Palatabilidade

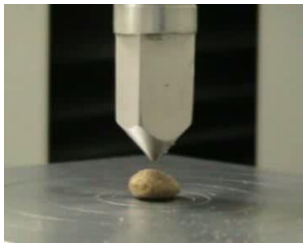


Umidade 4,3 %



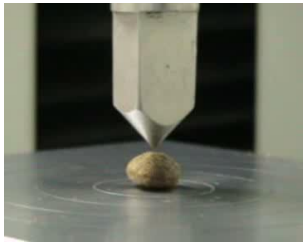
(Mesmo recobribento: 6% gordura + 1% pó)





Umidade 5,9%





Umidade 9,2%

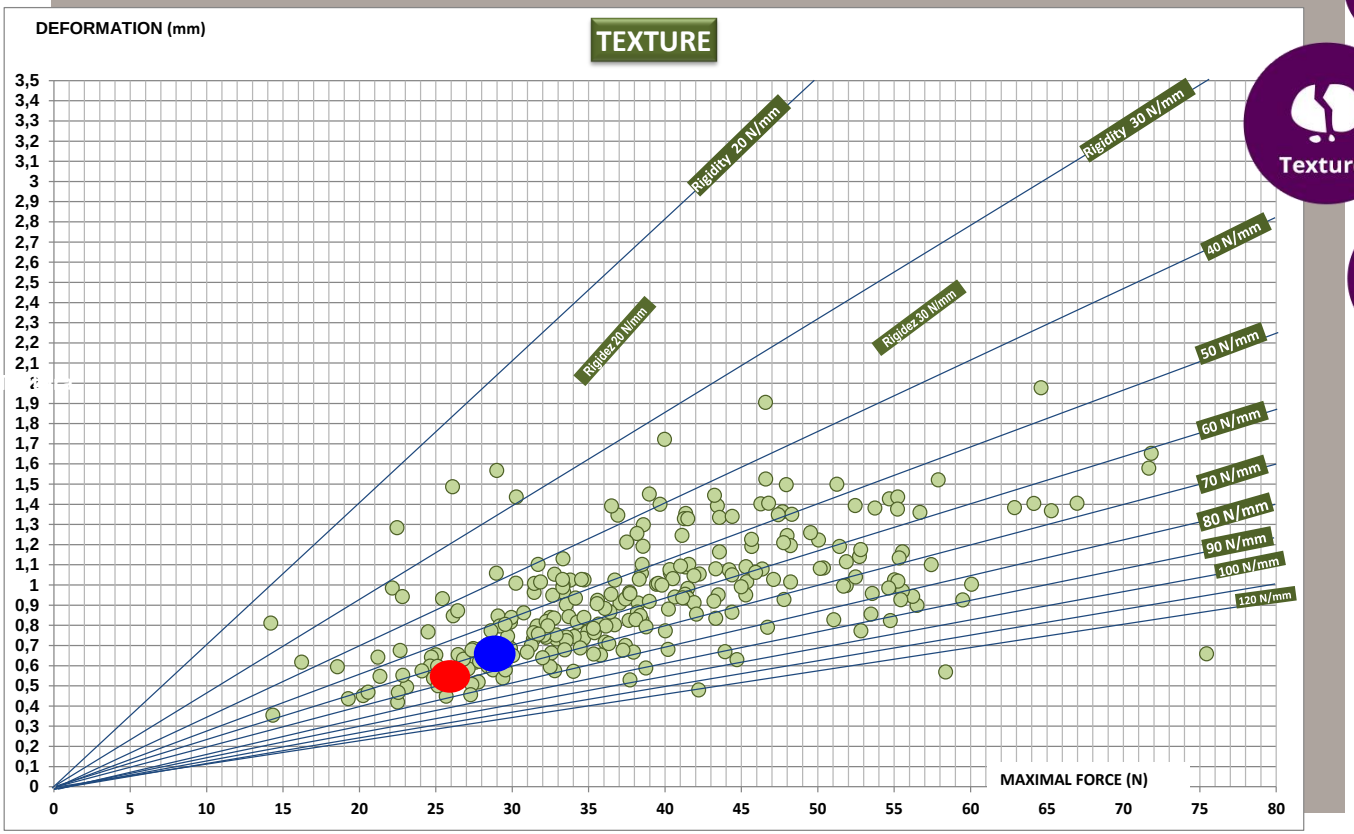


Umidade PA	Rigidez PA (Kgf/mm)
4,3%	7,5
5,9%	5,8
7,3%	4,8
9,2%	2,7

➔ **Gatos preferiram extrusados mais secos, duros e rígidos.**

dianapetfood

Rigidez (kibble Mapping)





N= 41

PROPIEDAD DE SPF — TODOS los derechos de autor reservados / ESTRICTAMENTE CONFIDENCIALES: NO SE PERMITE UTILIZAR NI COPIARSE

	Força Max. (N)	Deformação (mm)	**Rigidez (Kgfmm)**
Alimento 1	30,87	0,57	**5.41**
Alimento 2	29,6	0,60	**4,93**

	Rigidez
Alimento 1	✓
Alimento 2	✓

dianapetfood

Sumário dos Benefícios de maior energia térmica

1) Menor custo de energia elétrica dentro da fábrica.
2) Menor custo com desgaste de peças do equipamento.
3) Menor destruição de vitaminas
4) Diferentes relações entre EME e ETE não alteram a digestibilidade aparente dos nutrientes e produtos de fermentação.
5) A aplicação de ETE e EME influi marcadamente na palatabilidade dos alimentos para cães e gatos, aspecto que merece maiores estudos.
6) Aminoácidos são compostos químicos instáveis ao processos de extrusão e se apresentam mais disponíveis após o processo.
7) Volatilização de selenito de sódio e algumas vitaminas são mais retidas em baixas EME.

Perguntas?

Energia mecânica, energia térmica e moagem na extrusão de alimentos para cães e gatos
https://repositorio.unesp.br/handle/11449/126533

Obrigado!!!

Fabiano Cesar Sá
Gerente APLICALIS regional LATAM
fsa@diana-petfood.com

Agradecimento...

1- Pesquisa

Grain Science & Industry

KANSAS STATE UNIVERSITY

2-Ensino



3- Extensão

WENGER®

Guabi

dianapetfood

panelis