

“Nutrição Animal: O caminho para uma  
produção competitiva”

# Coprodutos de cereais na alimentação de suínos

Urbano S. Ruiz  
[usr Luiz@usp.br](mailto:usr Luiz@usp.br)

Esalq – USP, Piracicaba/SP

Vinícius R. C. de Paula  
[vinicius.paula2@ufmt.br](mailto:vinicius.paula2@ufmt.br)

UFMT, Sinop/MT

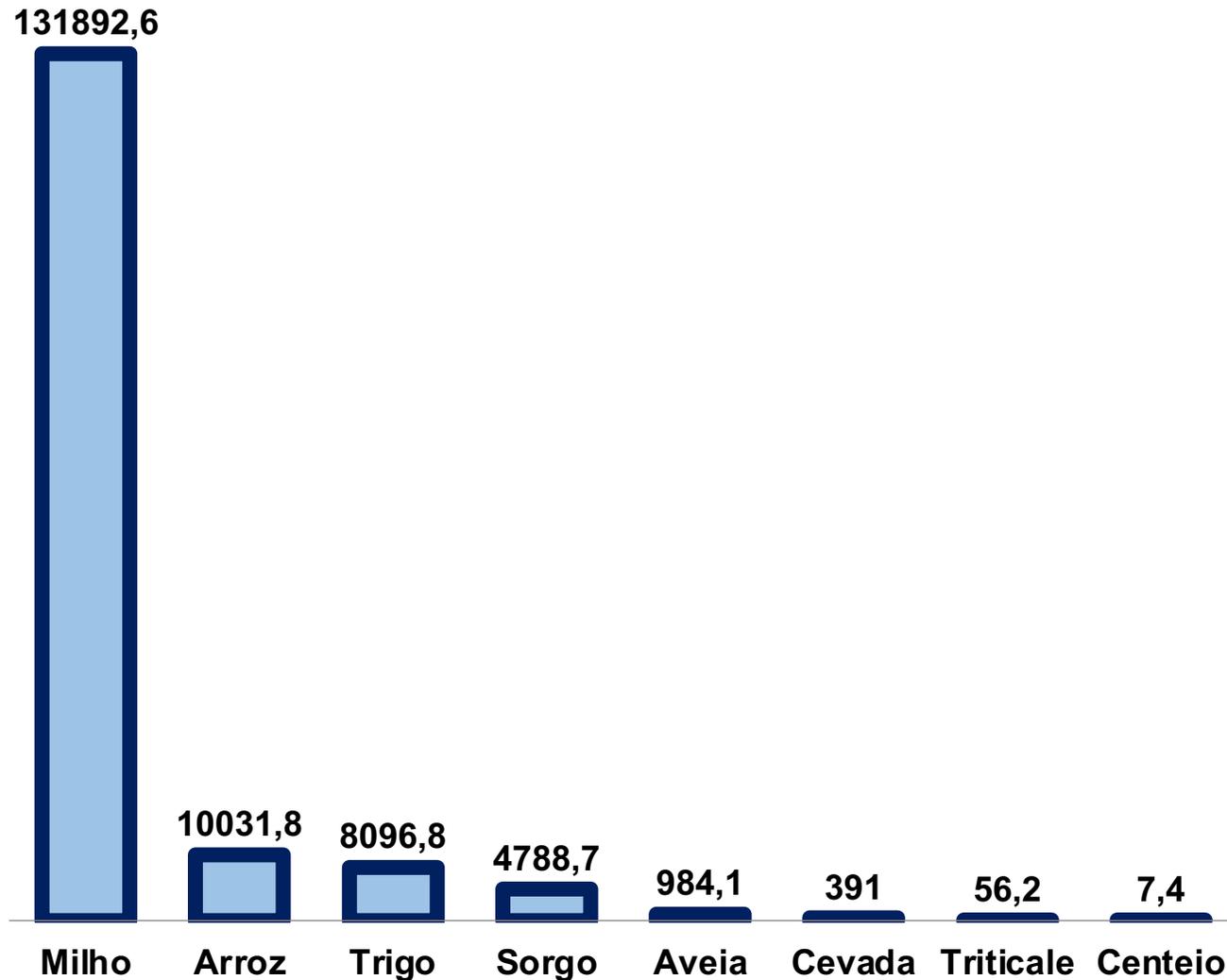
José A. L. Barbosa  
[andrew.lira@usp.br](mailto:andrew.lira@usp.br)

Esalq – USP, Piracicaba/SP

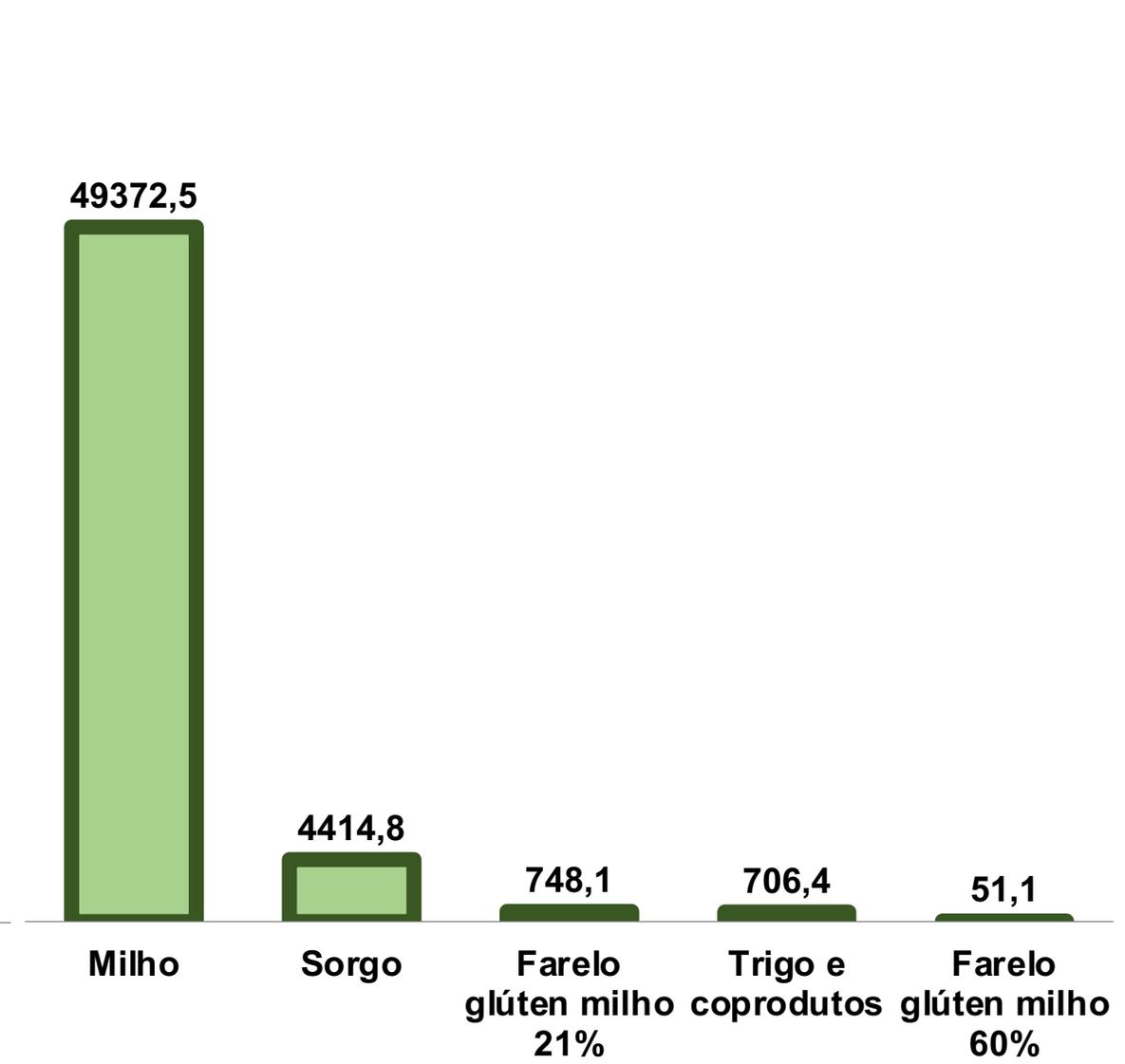
# Sumário

- **Panorama da produção de cereais e de seus coprodutos no Brasil**
  
- **Coprodutos de cereais**
  - Processo de produção
  - Características químicas/nutricionais
  - Utilização na alimentação de suínos
    - Fatores interferentes
    - Digestibilidade de nutrientes
    - Desempenho zootécnico
    - Carcaça
  
- **Considerações finais**

**Fig. 1 - Produção (mil t) estimada de cereais no Brasil na safra 22/23**  
(CONAB, 2024)

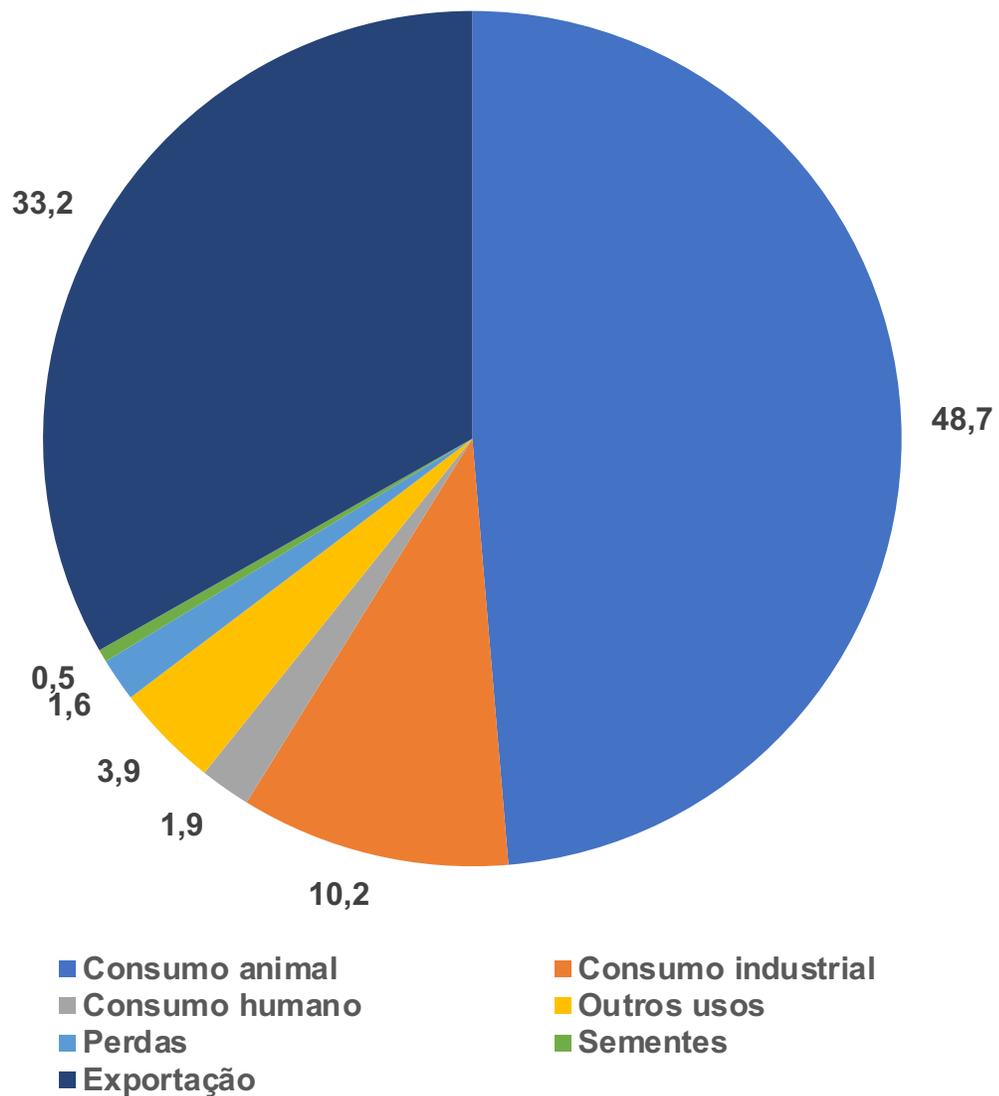


**Fig. 2 - Uso (mil t) de cereais e de seus coprodutos em rações para animais em 2023**  
(Sindirações, 2024)



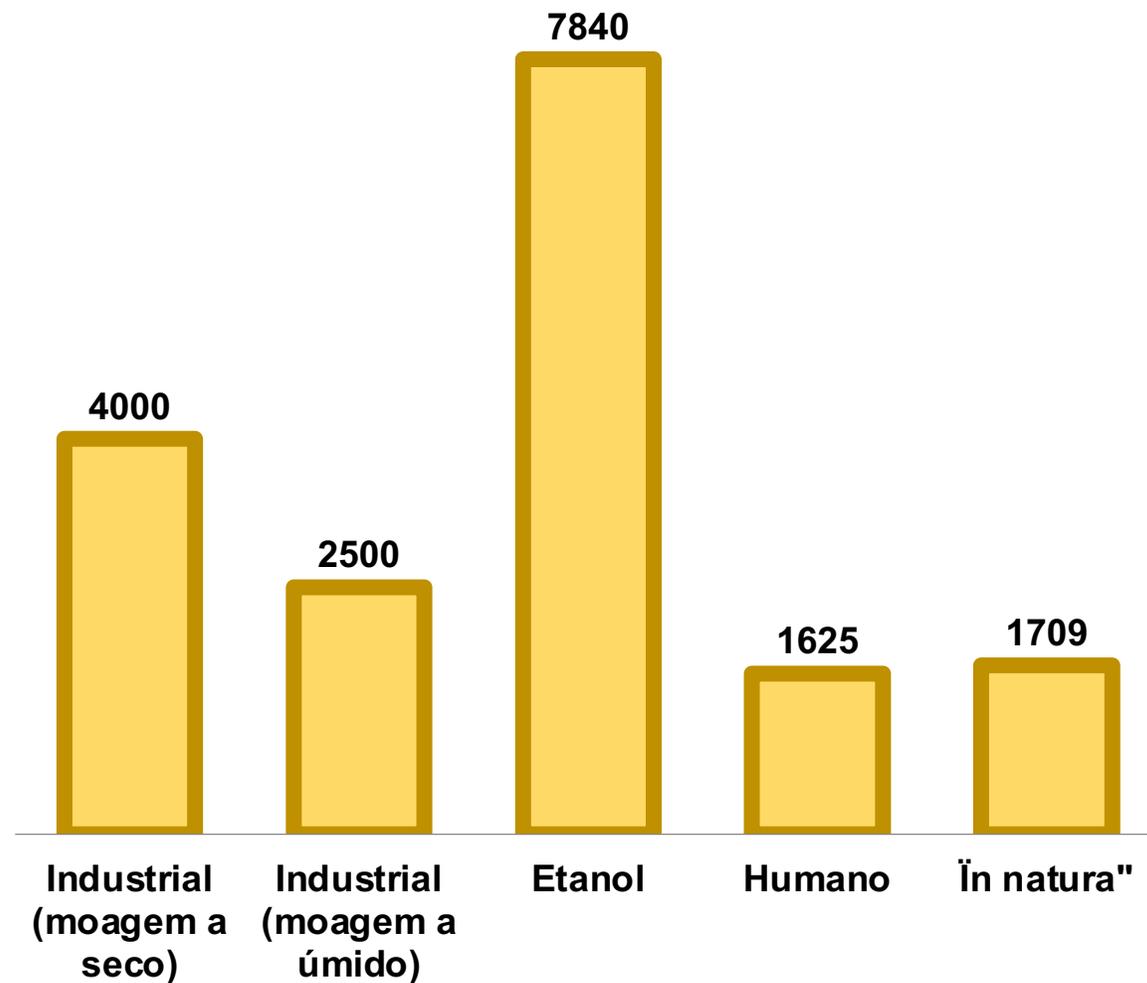
### Fig. 3 – Utilização (%) do milho no Brasil na safra 22/23

(Adaptado de Abimilho, 2024)



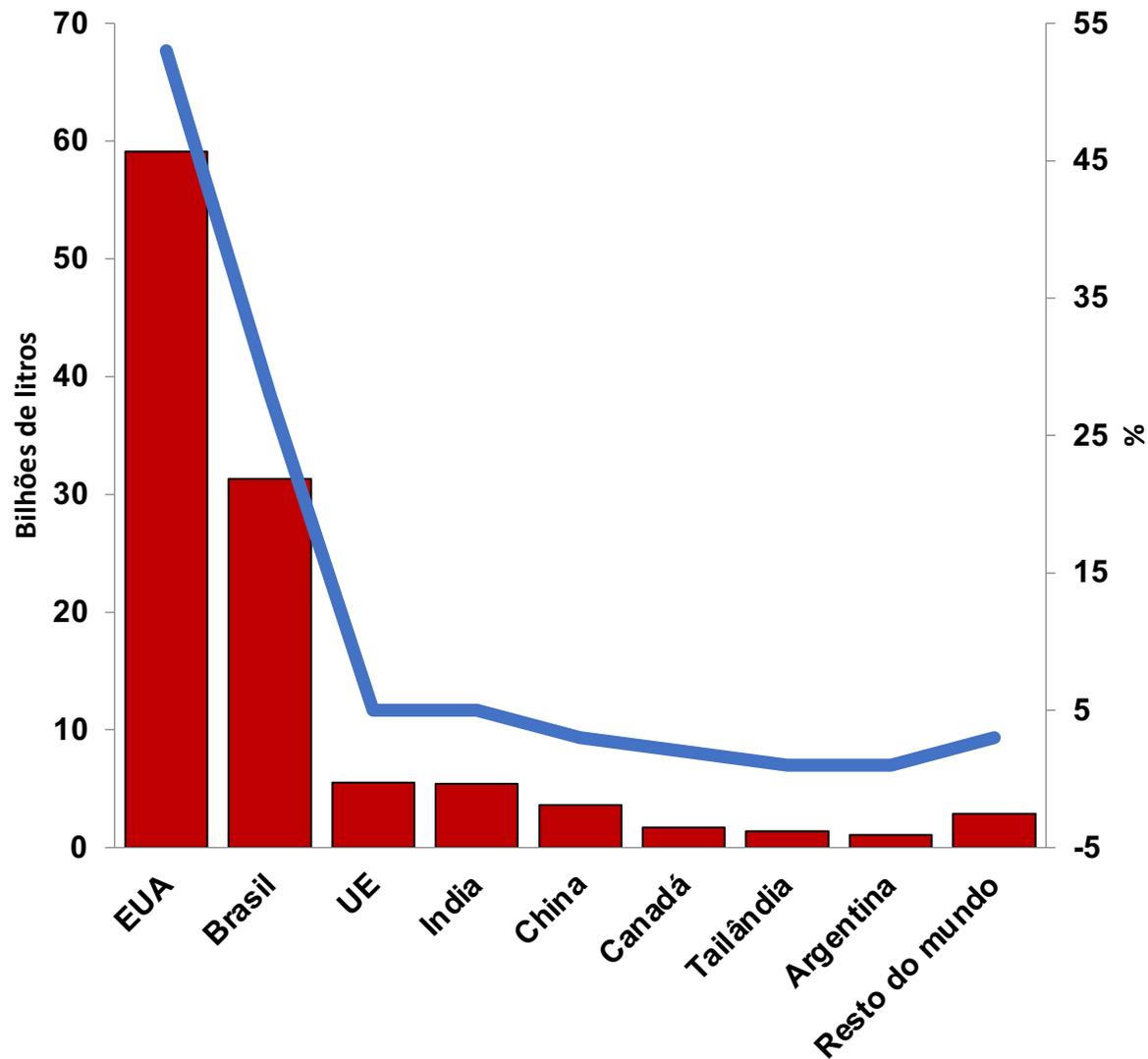
### Fig. 4 – Consumo (mil t) humano e industrial de milho em 2022

(Abimilho, 2023)



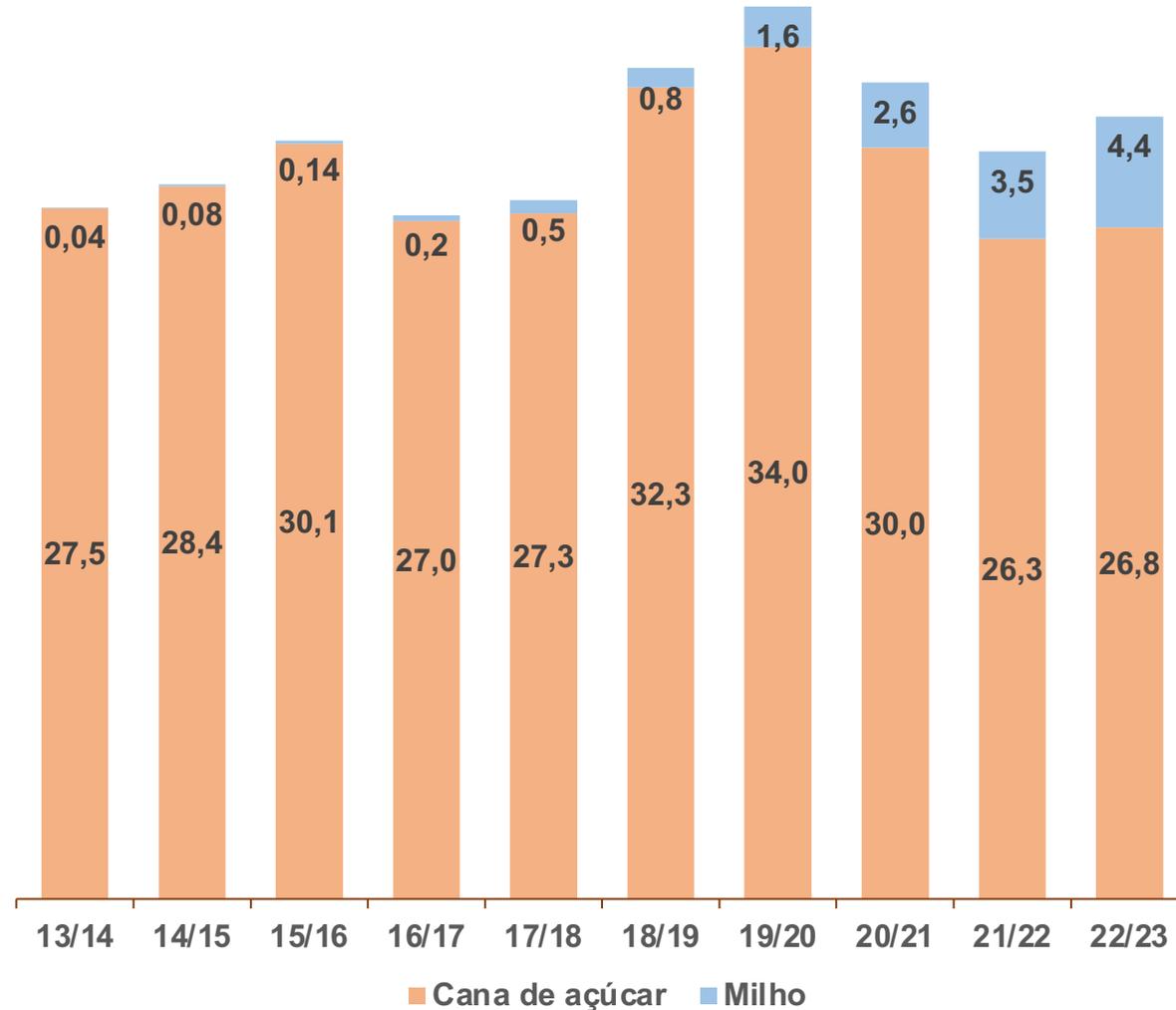
**Fig. 5 - Produção mundial de etanol por país ou região em 2023**

(Renewable Fuels Association, 2024)



**Fig. 6 – Produção de etanol (bilhões L) no Brasil nos últimos 10 anos**

(Adaptado de UNEM e UNICA)



# Produção de etanol de milho no Brasil

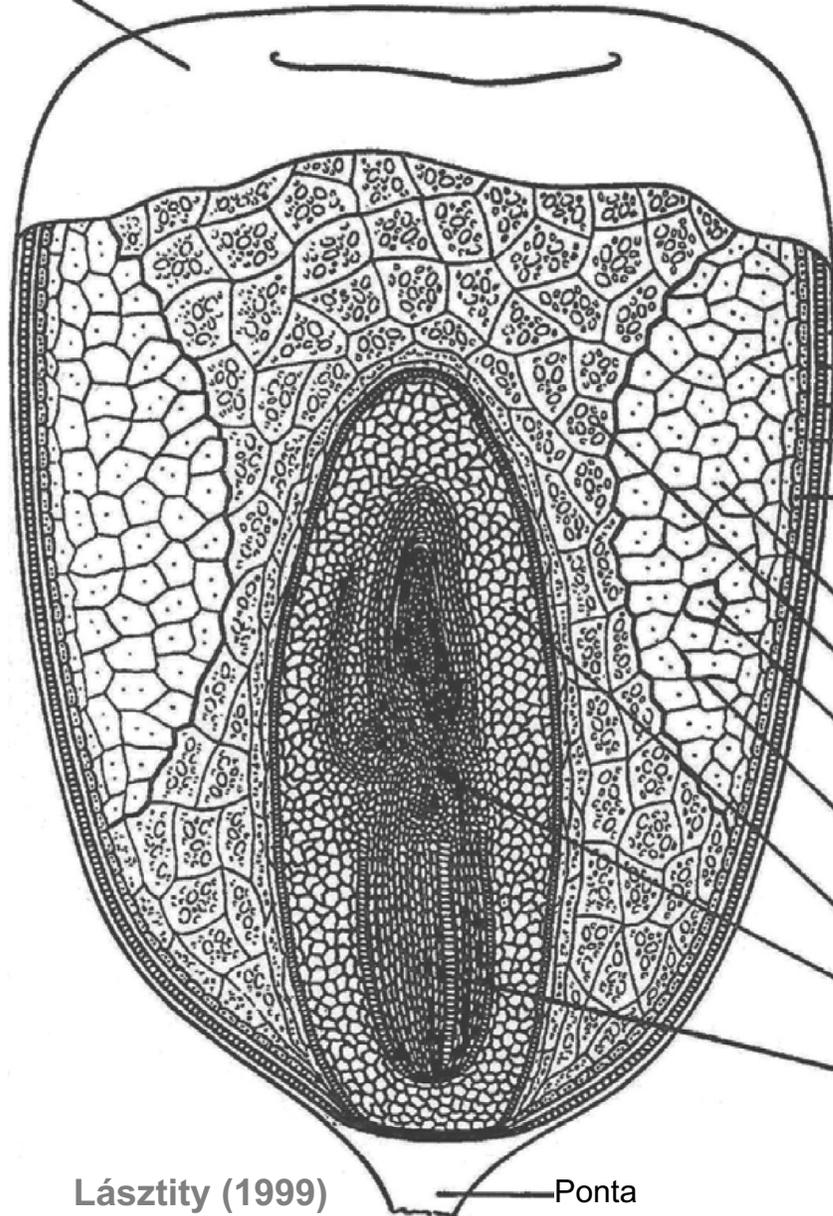
## ▪ Etanol de milho no Brasil

- **↑ 110 vezes** nos últimos 10 anos
- 20 usinas
- 10 novas usinas em processo de construção
- Previsão: **20%** do total (9,6 bilhões L) do etanol brasileiro até 2030/2031 (UNEM, 2023)



# Milho

Casca



Epiderme  
Mesocarpo  
Células cruzadas  
Células tubulares  
Testa

Camada de  
aleurona

Endosperma vítreo

Endosperma farináceo

Células preenchidas com  
grânulos de amido em  
matriz proteica

Paredes das células

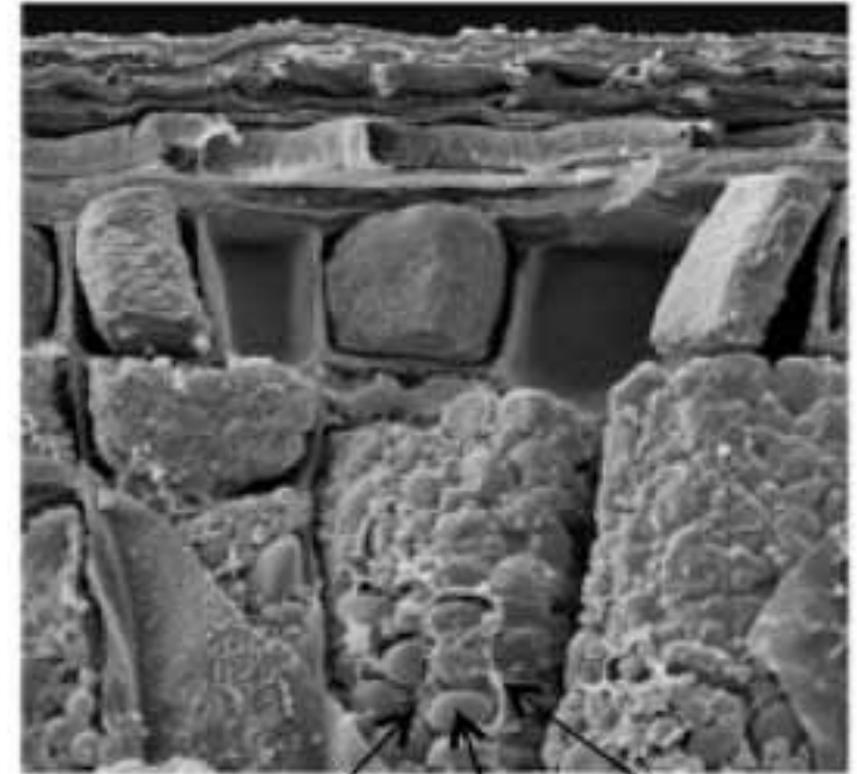
Escutelo

Plúmula

Radícula

Lásztity (1999)

Ponta



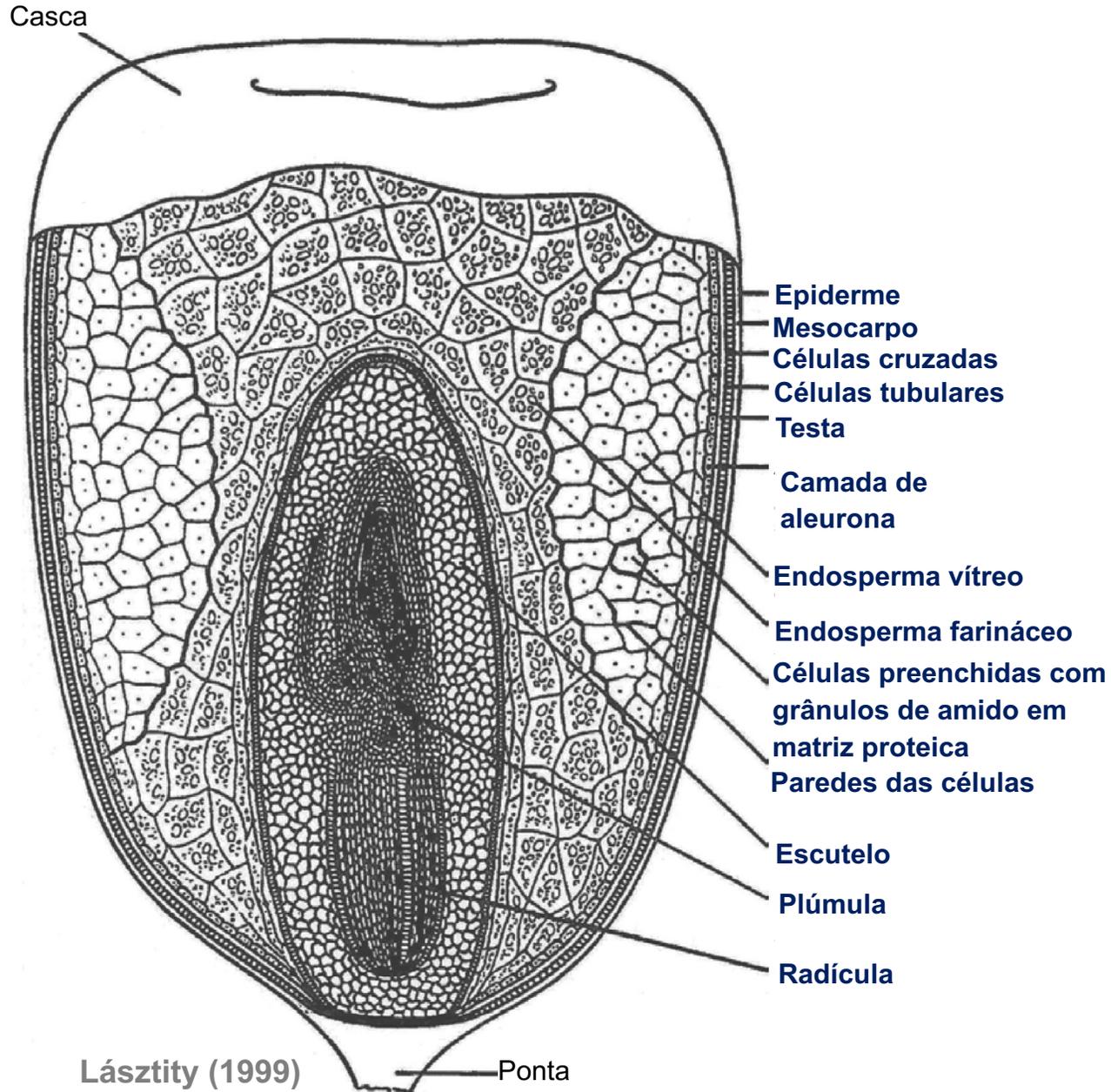
Matriz  
proteica

Grânulo de  
amido

Paredes  
celulares

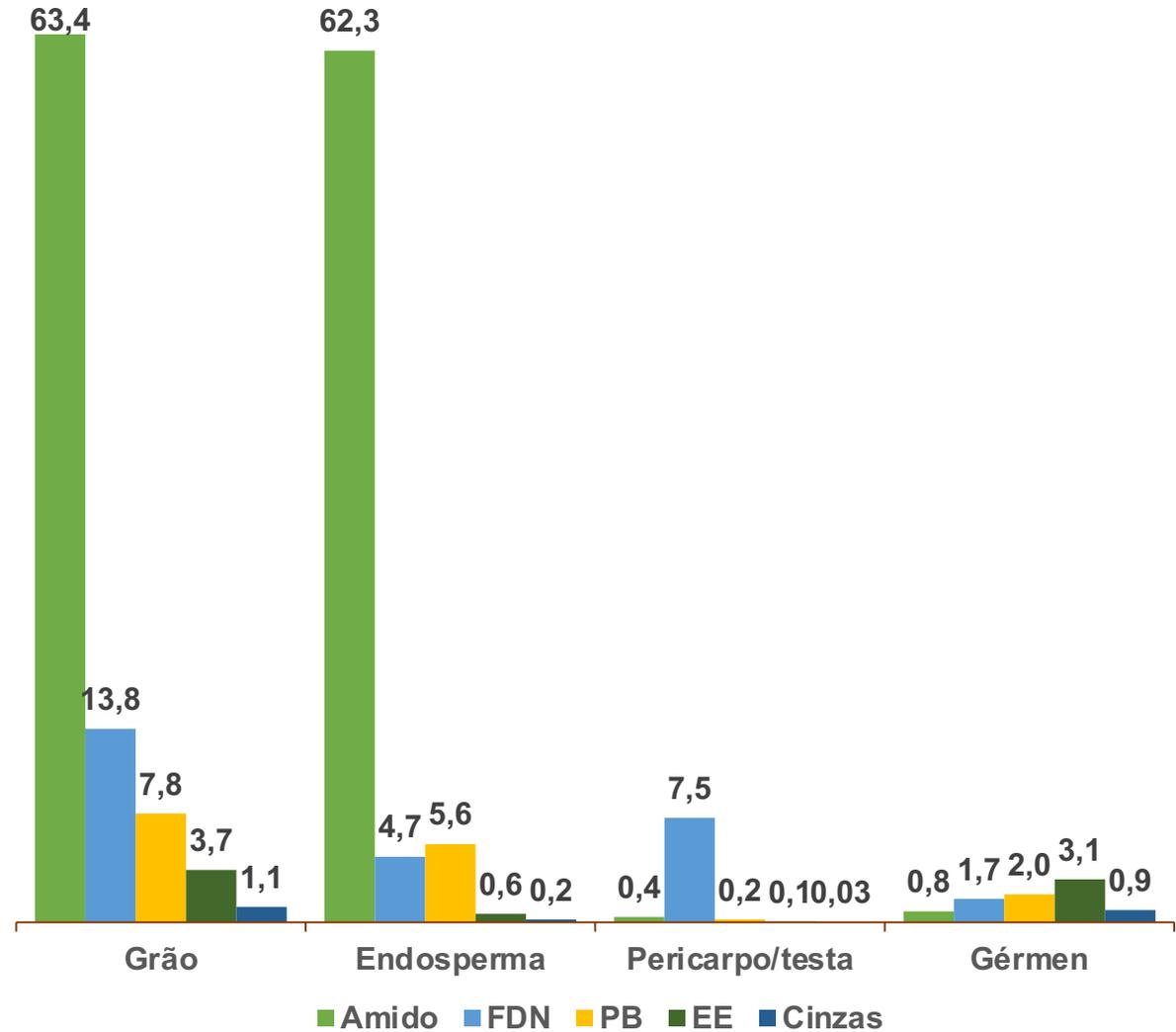
Kampffmeyer (2009), citado por  
Back Knudsen et al. (2016)

# Milho



**Fig. 7 - Principais componentes (% MN) nas diferentes partes do grão de milho**

(Adaptado de Rostagno e Albino, 2024 e Gyori e Gyorine, 2002)



# Moagem úmida

# Moagem seca



Maceração:  
milho + água + SO<sub>2</sub>

Separação do  
gérmen e das  
fibras

Separação  
do glúten

Fibras +  
água de  
maceração

Gérmen

Moagem

Mistura  
com água e  
cozimento

Liquefação  
(amilase)

Sacarificação (glucoamilase)  
e  
Fermentação (leveduras)

Amido

Liquefação  
(amilase)

Sacarificação  
(glucoamilase)

Fermentação  
(leveduras)

Destilação



373 L  
Etanol



ou 563 kg  
Amido

Glúten

Secagem



46 kg  
FG 60%

Secagem



241 kg  
FG 21%

Extração óleo



Farelo  
gérmen



29 kg  
Óleo milho

Destilação



417 L  
Etanol

Grãos  
úmidos  
destilaria



WDG

Grãos  
secos  
destilaria



DDG

Secagem

Com  
solúveis



309 kg  
DDGS

Alta PB



HPDDG

Solúveis  
condensados

Farelo  
com  
solúveis



CBS

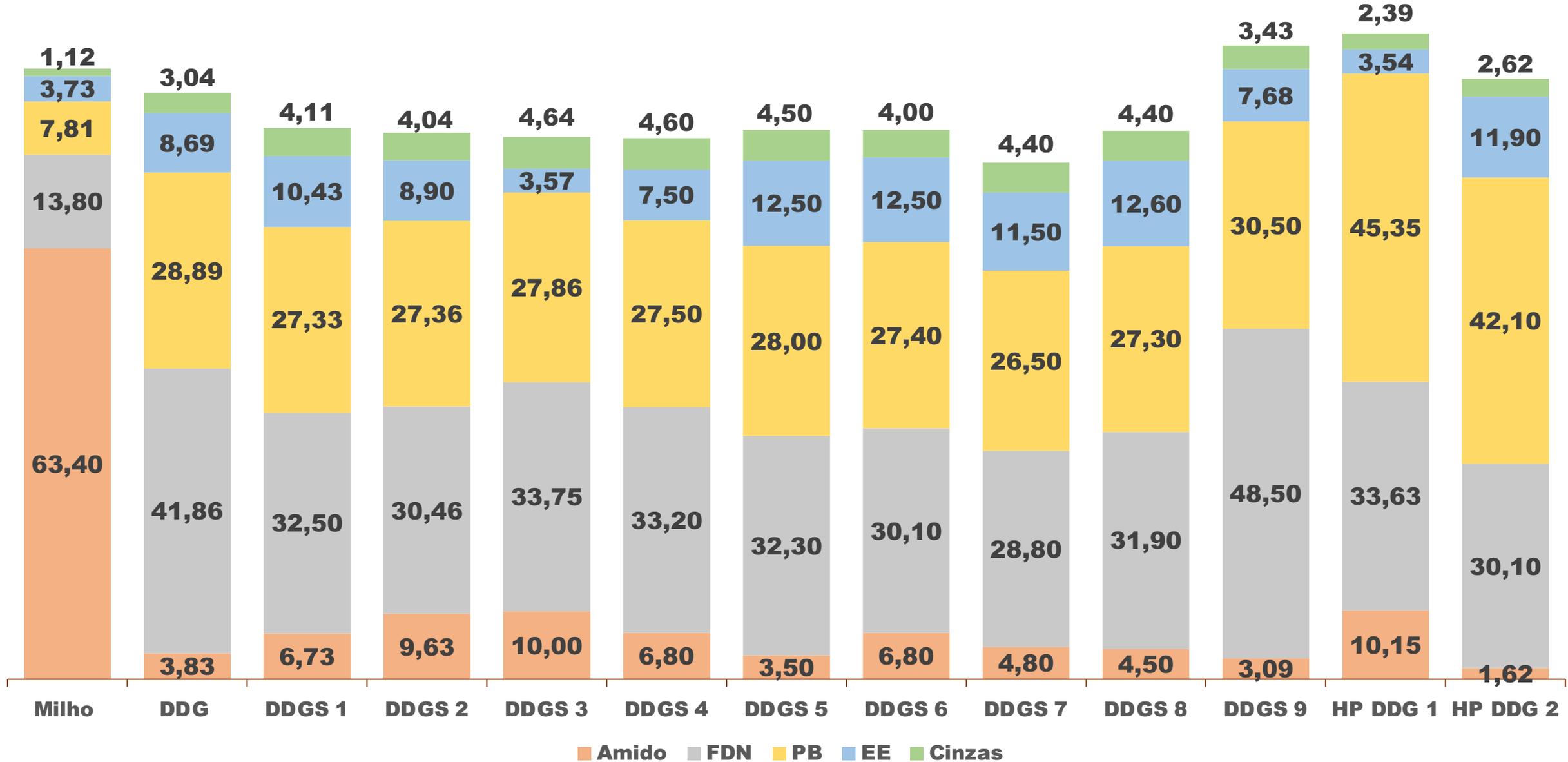
Evaporação

Extração  
óleo

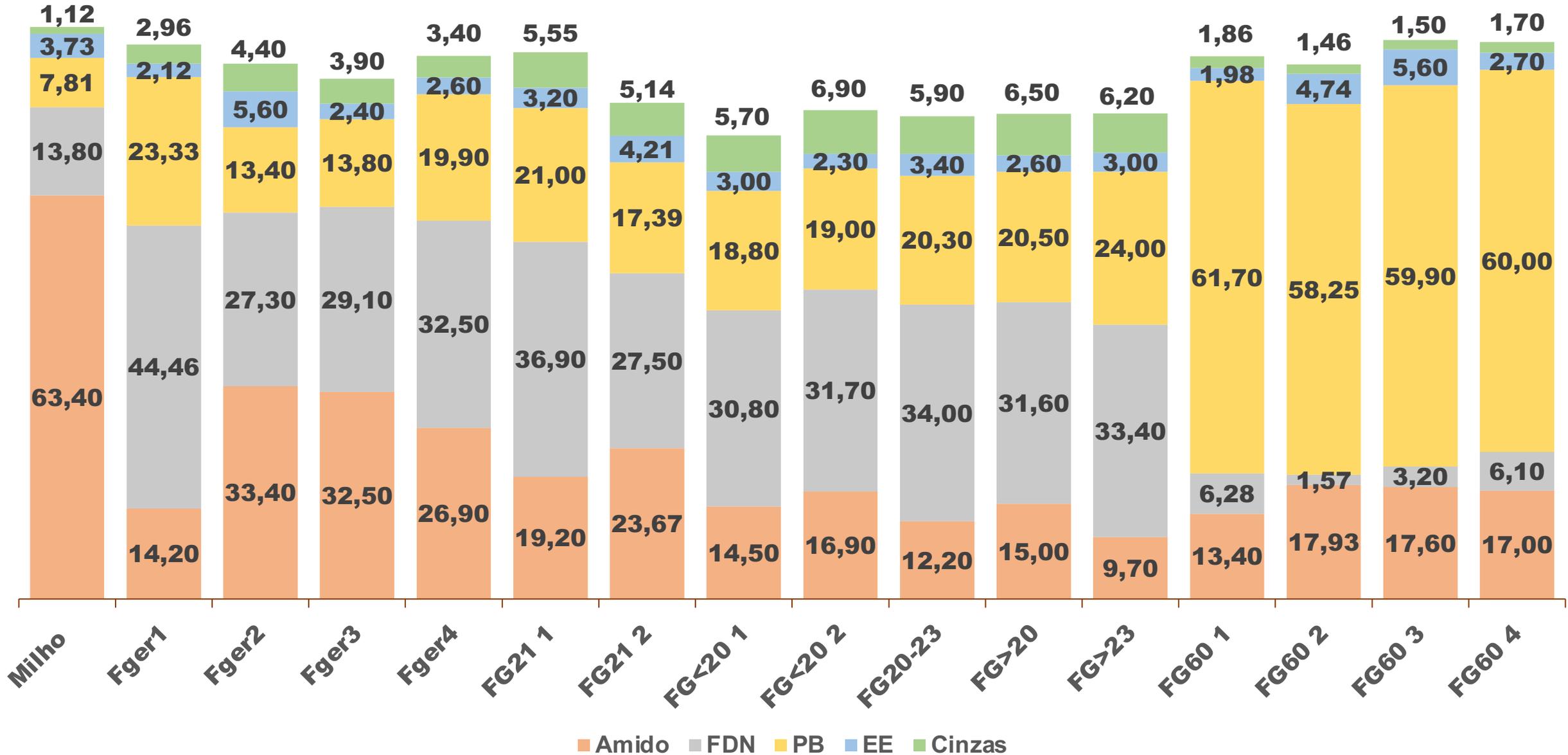


13 L  
Óleo de  
milho de  
destilaria

**Fig. 8a – Composição química (% , matéria natural) do milho e de alguns de seus coprodutos** (NRC, 2012; CVB, 2018; FEDNA, 2019; INRAE, 2021; TBAS, 2024)



**Fig. 8b – Composição química (% , matéria natural) do milho e de alguns de seus coprodutos** (NRC, 2012; CVB, 2018; FEDNA, 2019; INRAE, 2021; TBAS, 2024)



**Tab. 1 - Milho e alguns de seus coprodutos de destilaria (valores na matéria natural): teores de aminoácidos indispensáveis (NRC, 2012)**

Item	Milho	DDGS <4% óleo	Fger	FG21	FG60	HP DDG
Arg	0,37	1,31	1,49	1,04	1,66	1,62
His	0,24	0,82	1,17	0,67	1,32	1,07
Ile	0,28	1,02	0,64	0,66	2,23	1,83
Leu	0,96	3,64	0,75	1,96	9,82	6,18
Lys	0,25	0,68	1,70	0,63	0,93	1,22
Met	0,18	0,50	1,04	0,35	1,21	0,93
Phe	0,39	1,69	0,37	0,76	3,52	2,42
Thr	0,28	0,97	0,89	0,74	1,81	1,59
Trp	0,06	0,18	0,78	0,07	0,27	0,24
Val	0,38	1,34	0,63	1,01	2,42	2,12

**Leu, Ile e Val: ↑ 2 a 8 x**

**Tabela 2 – Composição química da Proteína Concentrada de Sorgo - PCS** (Ruiz et al., 2024, dados não publicados)

Item	PCS
MS, %	93,58
MO, %	91,14
MM, %	2,44
PB, %	53,62
EE, %	16,56
Amido, %	11,30
FDN, %	2,62
FDA, %	1,59
EB, kcal/kg	5751

Item	PCS
<b>Aminoácidos indispensáveis, %</b>	
Arginina	3,18
Histidina	1,52
Isoleucina	2,58
Leucina	6,34
Lisina	1,00
Metionina	0,65
Fenilalanina	2,57
Treonina	2,81
Triptofano	0,42
Valina	3,02
<b>Aminoácidos dispensáveis %</b>	
Alanina	4,36
Asparagina	5,25
Cisteína	0,90
Glutamina	11,61
Glicina	2,50
Prolina	3,49
Serina	2,84
Tirosina	2,15
AA total	57,18

# **Tab. 3 - Teores de ácidos graxos em amostras de óleos de milho de destilaria, brasileiro e americano** (adaptado de Paula et al., 2022)

<b>Ácidos graxos (% do óleo total)</b>	<b>Óleo de milho Brasileiro</b>	<b>Óleo de milho Americano</b>
<b>Palmitico (16:0)</b>	<b>14,4</b>	<b>12,9</b>
<b>Oleico (9c-18:1)</b>	<b>31,9</b>	<b>27,0</b>
<b>Linoleico (18:2n-6)</b>	<b>46,9</b>	<b>53,9</b>
<b>Linolênico (18:3n-3)</b>	<b>1,08</b>	<b>1,31</b>
<b>Outros ácidos graxos</b>	<b>4,52</b>	<b>3,49</b>
<b>Ácidos graxos totais</b>	<b>98,8</b>	<b>98,6</b>

# Composição e valor nutricional dos coprodutos de milho variam

## ▪ Milho

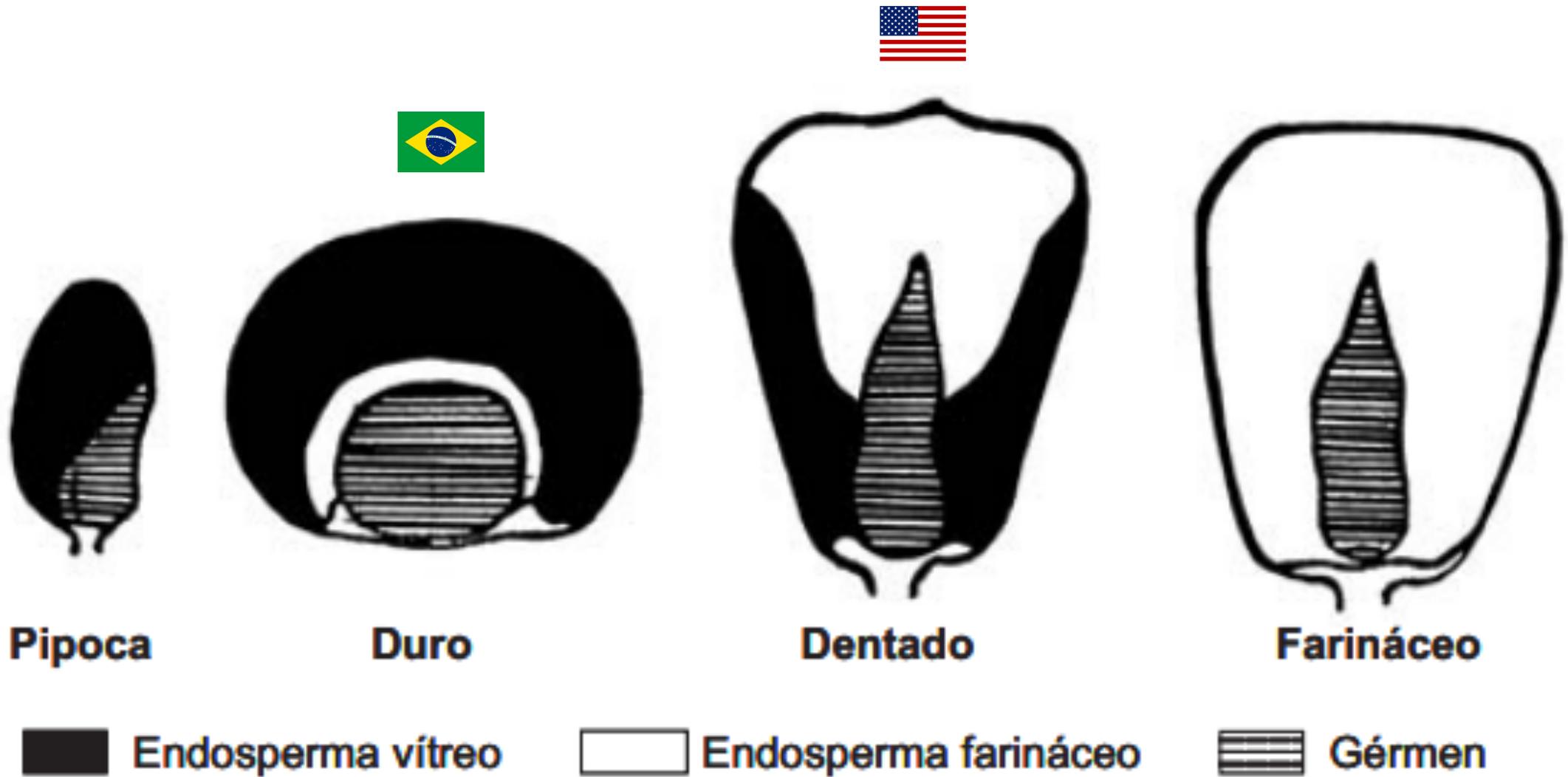
- Tipo
- Condições de cultivo

## ▪ Tipo e condições de processamento

- Enzimas
- Temperaturas
- Quantidade de solúveis adicionados aos grãos
- Secadores
- Extração de óleo



## ▪ Não há padrões de classificação



(Paes, 2006; Komatsu, 2018)

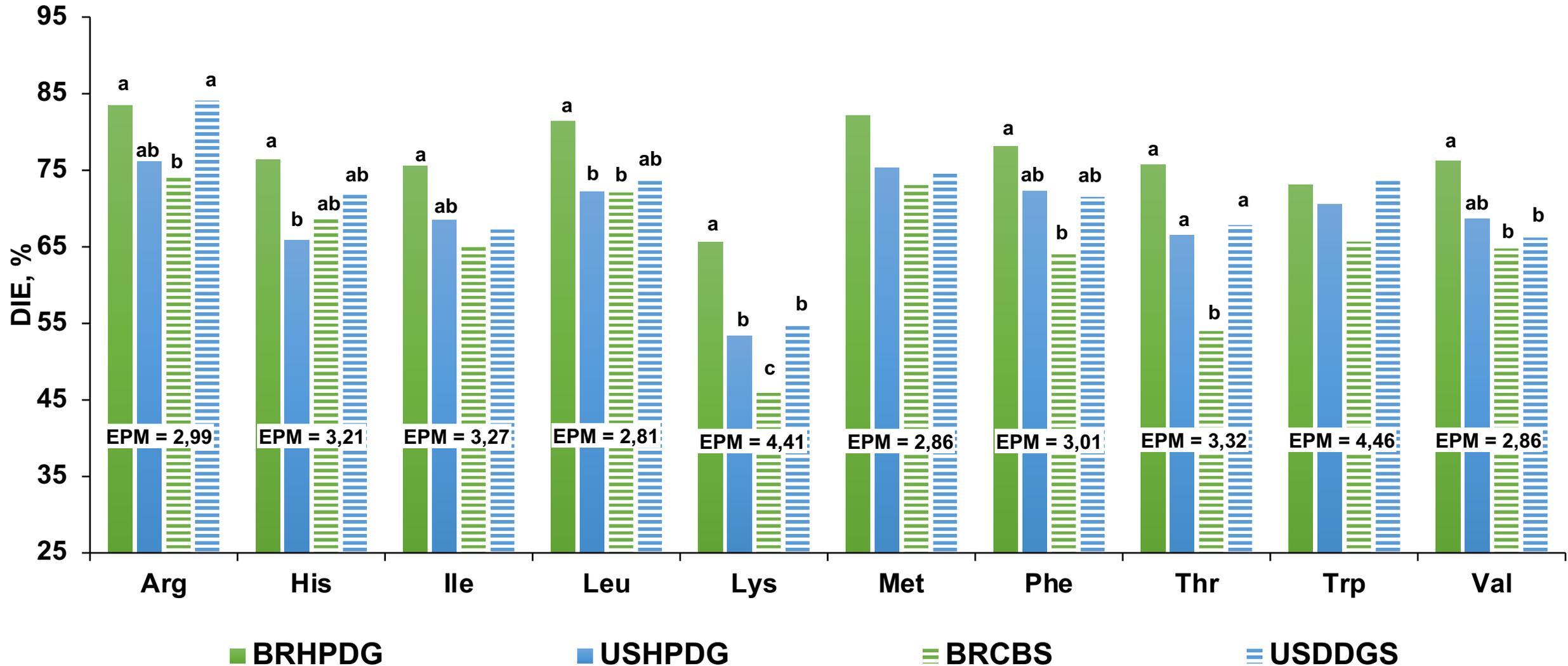
**Tab. 4 – Digestibilidades ileais estandardizadas (DIE) da PB e da Lys, digestibilidade total estandardizada (DTE) do P, digestibilidade total aparente (DTA) da energia bruta (EB), energia digestível (ED) e metabolizável (EM) do milho e alguns de seus coprodutos** (Adaptado de Almeida et al., 2011; Rojas et al., 2013)

Item	Milho	DDGS	Farelo panificação	FG60	FG23	FGérmem	Hominy Feed	EPM
DIE PB, %	89,1 <sup>a</sup>	70,5 <sup>b</sup>	72,5 <sup>b</sup>	85,5 <sup>a</sup>	70,9 <sup>b</sup>	69,5 <sup>b</sup>	74,8 <sup>b</sup>	2,5
DIE Lys, %	69,2 <sup>ab</sup>	46,0 <sup>d</sup>	48,4 <sup>cd</sup>	78,7 <sup>a</sup>	68,8 <sup>cd</sup>	68,4 <sup>b</sup>	58,8 <sup>bc</sup>	3,6
DTE P, %	42,5 <sup>d</sup>	76,5 <sup>ab</sup>	58,6 <sup>c</sup>	75,2 <sup>b</sup>	84,6 <sup>a</sup>	53,2 <sup>c</sup>	37,3 <sup>d</sup>	3,3
DTA EB, %	89,4 <sup>ab</sup>	72,9 <sup>d</sup>	88,2 <sup>b</sup>	92,5 <sup>a</sup>	70,6 <sup>d</sup>	73,9 <sup>d</sup>	78,7 <sup>c</sup>	0,7
ED, kcal/kg	3498 <sup>bc</sup>	3556 <sup>b</sup>	3495 <sup>bc</sup>	4896 <sup>a</sup>	3051 <sup>d</sup>	3073 <sup>d</sup>	3399 <sup>c</sup>	55
EM, kcal/kg	3375 <sup>b</sup>	3235 <sup>b</sup>	3233 <sup>b</sup>	4006 <sup>a</sup>	2721 <sup>c</sup>	2817 <sup>c</sup>	3271 <sup>b</sup>	64

**Tab. 5 - Diferenças na composição de DDGS de milho obtidos por processos distintos** (Shad et al., 2021)

<b>Itens</b>	<b>Convencional</b>	<b>QG</b>	<b>QG e QF</b>	<b>EM</b>
<b>Proteína bruta, %</b>	<b>28,5</b>	<b>35,9</b>	<b>49,3</b>	<b>58,5</b>
<b>Extrato etéreo, %</b>	<b>12,7</b>	<b>4,83</b>	<b>3,85</b>	<b>4,53</b>
<b>Cinzas, %</b>	<b>3,61</b>	<b>4,05</b>	<b>4,13</b>	<b>3,24</b>
<b>FDA, %</b>	<b>10,8</b>	<b>8,22</b>	<b>6,80</b>	<b>2,03</b>

**Fig. 9 - Digestibilidade ileal estandardizada (DIE) de AA indispensáveis em coprodutos da produção de etanol de milho, produzidos usando FST ou pelo método convencional (Paula et al., 2021)**

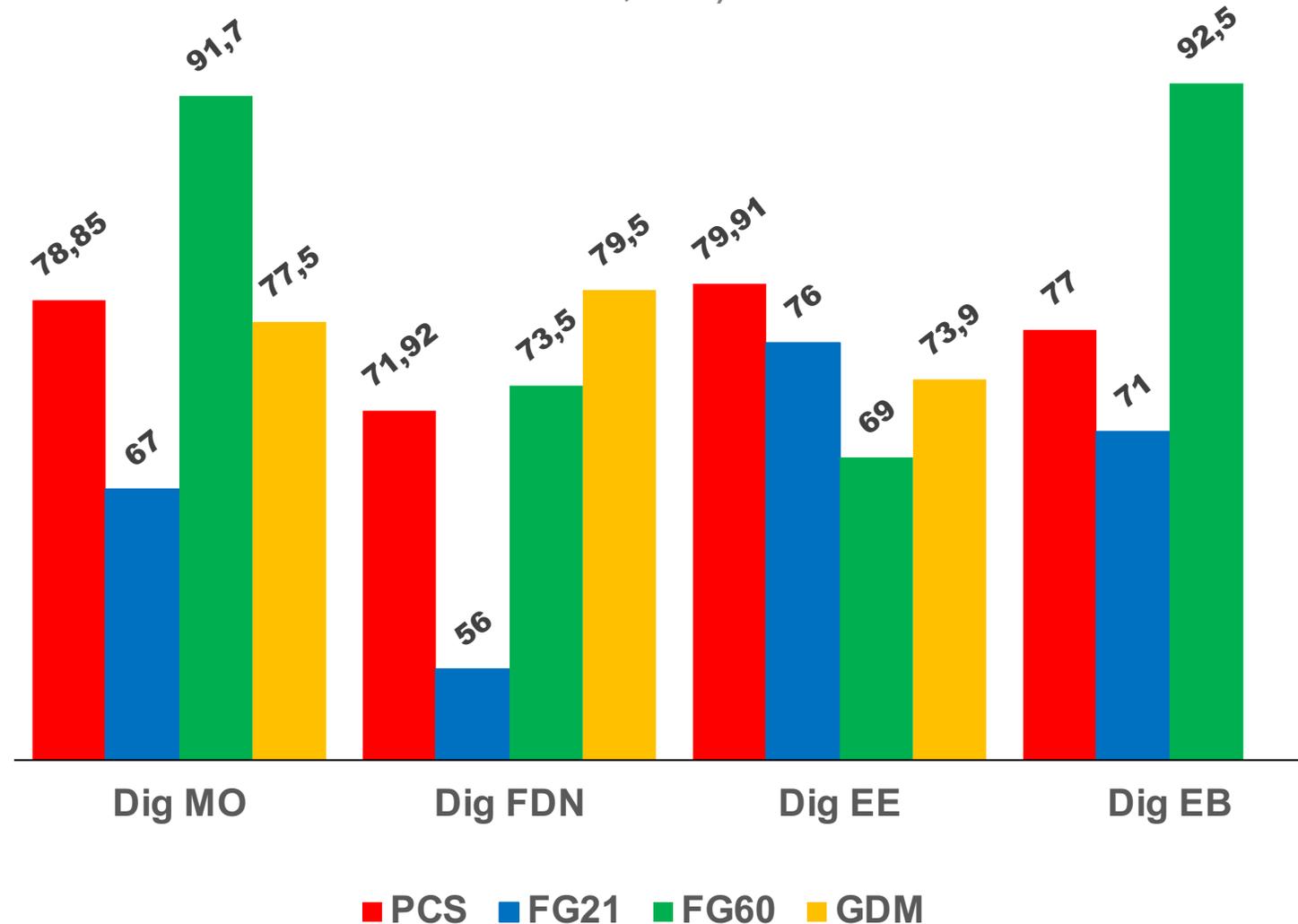


**Tab. 6 - Digestibilidades totais aparentes (DTA) dos nutrientes e da energia e teores de energia digestível e líquida estimada, da proteína concentrada de sorgo em suínos jovens (Ruiz et al., 2024, dados não publicados)**

Item	PCS <sup>1</sup>	EPM <sup>2</sup>
<b>DTA, %</b>		
<b>MS</b>	<b>76,64</b>	<b>0,79</b>
<b>MO</b>	<b>78,85</b>	<b>0,69</b>
<b>PB</b>	<b>82,22</b>	<b>2,01</b>
<b>EE</b>	<b>79,91</b>	<b>0,58</b>
<b>FDN</b>	<b>71,92</b>	<b>6,25</b>
<b>EB</b>	<b>77,00</b>	<b>0,70</b>
<b>ED, kcal/kg</b>	<b>4428,06</b>	<b>42,9</b>
<b>EL, kcal/kg</b>	<b>3133,49</b>	<b>31,2</b>

<sup>1</sup> PCS – Proteína Concentrada de sorgo; <sup>2</sup> EPM – Erro padrão da média.

**Fig. 10 - Digestibilidades (%) da MO, FDN, EE e EB do PCS, FG21, FG60 e GDM** (NRC, 2012; Rojas et al., 2013; Rostagno et al., 2017; Stein et al., 2016)



**Tab. 7 – Digestibilidades ileais estandardizadas (DIE) da PB e dos AA e teores de AA DIE da proteína concentrada de sorgo em suínos jovens (Ruiz et al., 2024, dados não publicados)**

Variáveis	DIE, %	EPM <sup>1</sup>	AA DIE, %	EPM <sup>1</sup>
<b>PB</b>	<b>76,54</b>	<b>1,34</b>	<b>41,04</b>	<b>0,72</b>
<b>AA indispensáveis</b>				
Arginina	95,00	0,98	3,02	0,03
Histidina	90,20	1,79	1,38	0,03
Isoleucina	84,05	2,82	2,17	0,07
Leucina	81,72	2,97	5,18	0,19
Lisina	87,50	1,71	0,88	0,02
Metionina	81,47	2,38	0,53	0,02
Fenilalanina	85,07	3,00	2,18	0,08
Treonina	88,01	1,69	2,47	0,05
Triptofano	82,38	1,83	0,34	0,01
Valina	84,33	1,90	2,54	0,06
<b>AA dispensáveis</b>				
Alanina	82,02	3,14	3,57	0,14
Asparagina	91,67	1,51	5,11	0,07
Cisteína	84,25	2,51	0,76	0,02
Glutamina	85,67	2,70	9,94	2,70
Glicina	87,07	3,00	2,18	0,08
Prolina	73,72	4,99	2,58	0,17
Serina	85,23	2,16	2,42	0,06
Tirosina	79,41	3,36	1,71	0,07
<b>AA totais</b>	<b>85,44</b>	<b>1,82</b>	<b>48,86</b>	<b>1,04</b>

<sup>1</sup>EPM – Erro padrão da média.

## ■ DIE dos AA

- PCS: 75 a 95%
- FG21: 63 a 85%,
- FG60: 75 a 96%
- GDM: 62 e 83%

(NRC, 2012; Rojas et al., 2013; Rostagno et al., 2017; Stein et al., 2016)

**Tab. 8 - Composição do DDGS varia entre fontes** (adaptado de Kerr et al., 2013; Zeng et al., 2017)

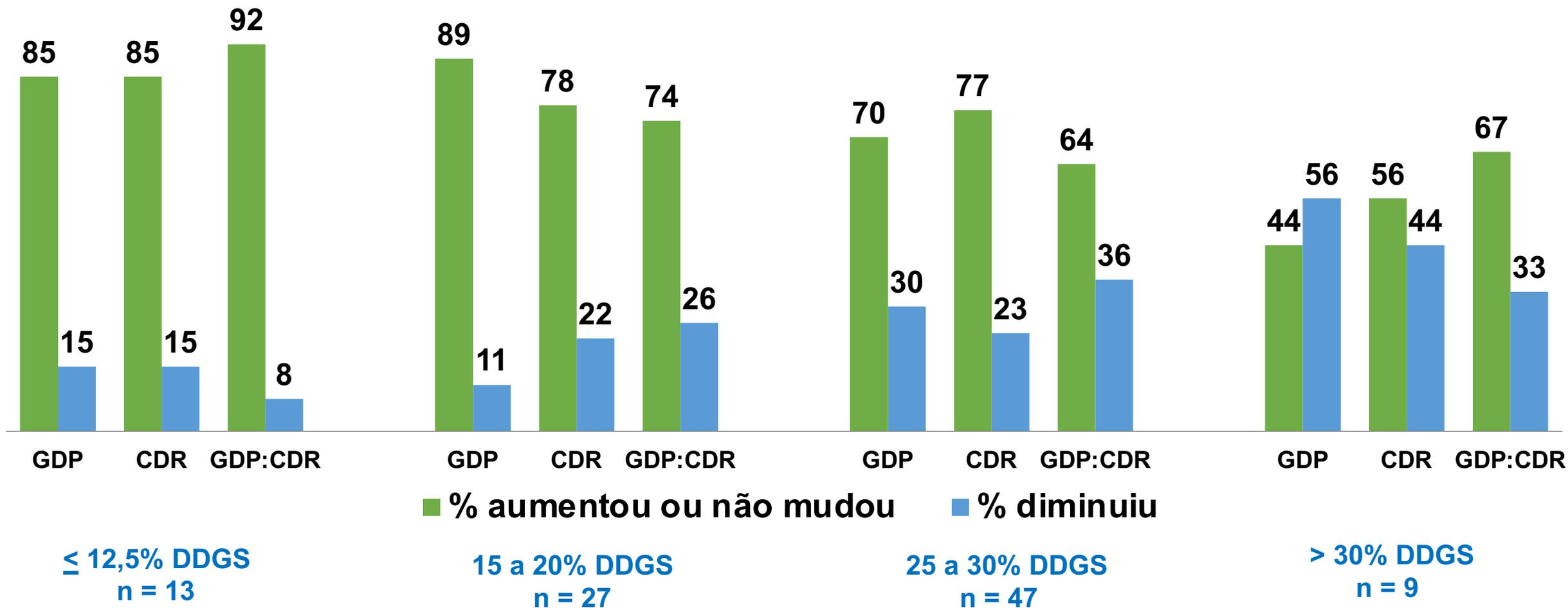
Itens (base seca)	Menor valor	Maior valor	Diferença
EM suínos, kcal/kg	3300	3700	400 (12%)
PB, %	28	33	5 (18%)
EE, %	5	13	8 (160%)
FDN, %	29	44	15 (52%)
Amido, %	1	4	3 (300%)
Cinzas, %	4	6	2 (50%)
P total, %	0,71	0,91	0,20 (28%)
Digestibilidade P, %	52	66	14 (27%)
Lys DIE, %	0,22	0,92	0,70 (318%)
Met + Cys DIE, %	0,65	1,42	0,77 (119%)
Thr DIE, %	0,54	1,63	1,09 (202%)
Trp DIE, %	0,07	0,25	0,18 (257%)

## **Tab. 9 - Inclusão de coprodutos do milho em dietas comerciais para suínos nos EUA** (adaptado de Stein e Shurson, 2009; Stein, 2011)

<b>Fase</b>	<b>Inclusão, %</b>
<b>DDGS</b>	
<b>Inicial (&gt; 7 kg peso vivo)</b>	<b>5 – 20</b>
<b>Crescimento</b>	<b>10 – 30</b>
<b>Terminação</b>	<b>10 – 30</b>
<b>Gestação</b>	<b>20 – 50</b>
<b>Lactação</b>	<b>10 – 30</b>
<b>Farelos de glúten e de gérmen</b>	<b>Até 20%</b>

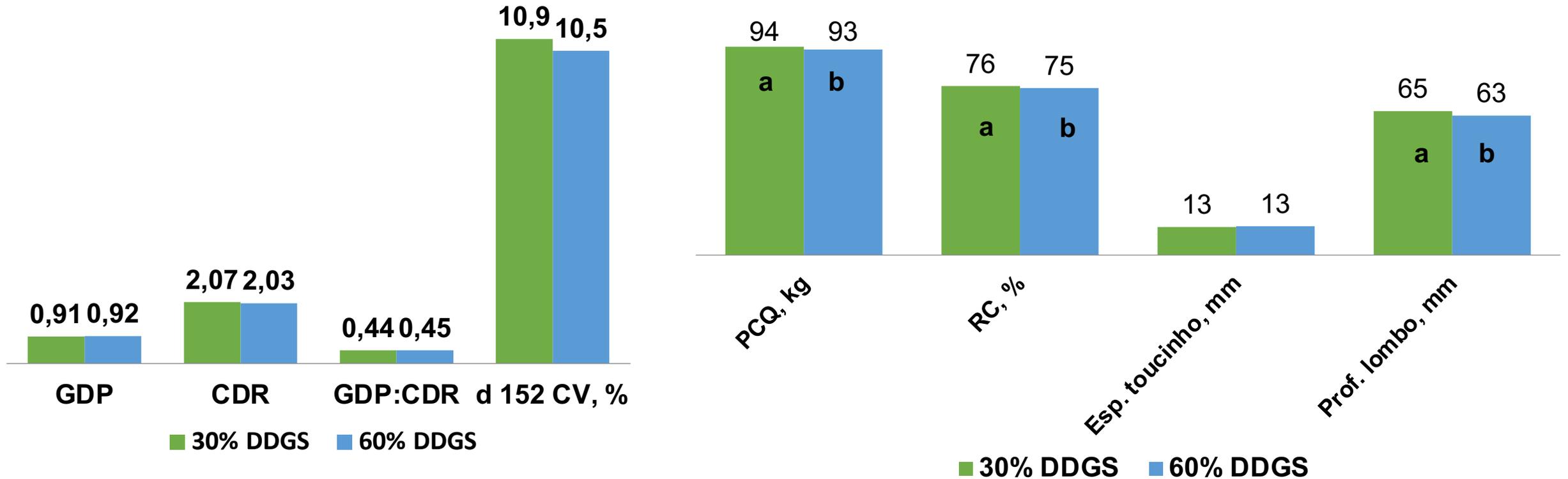


**Fig. 11 - Desempenho zootécnico de suínos nas fases inicial e de crescimento/terminação alimentados com dietas com teores crescentes de DDGS (Shurson, 2018)**



96 observações de 27 estudos publicados desde 2010

**Fig. 12 - Inclusão de DDGS em teores elevados em dietas para suínos em crescimento/terminação** (Weber et al., 2015)



Crescimento - terminação (d 56-155); 1860 suínos em instalações comerciais

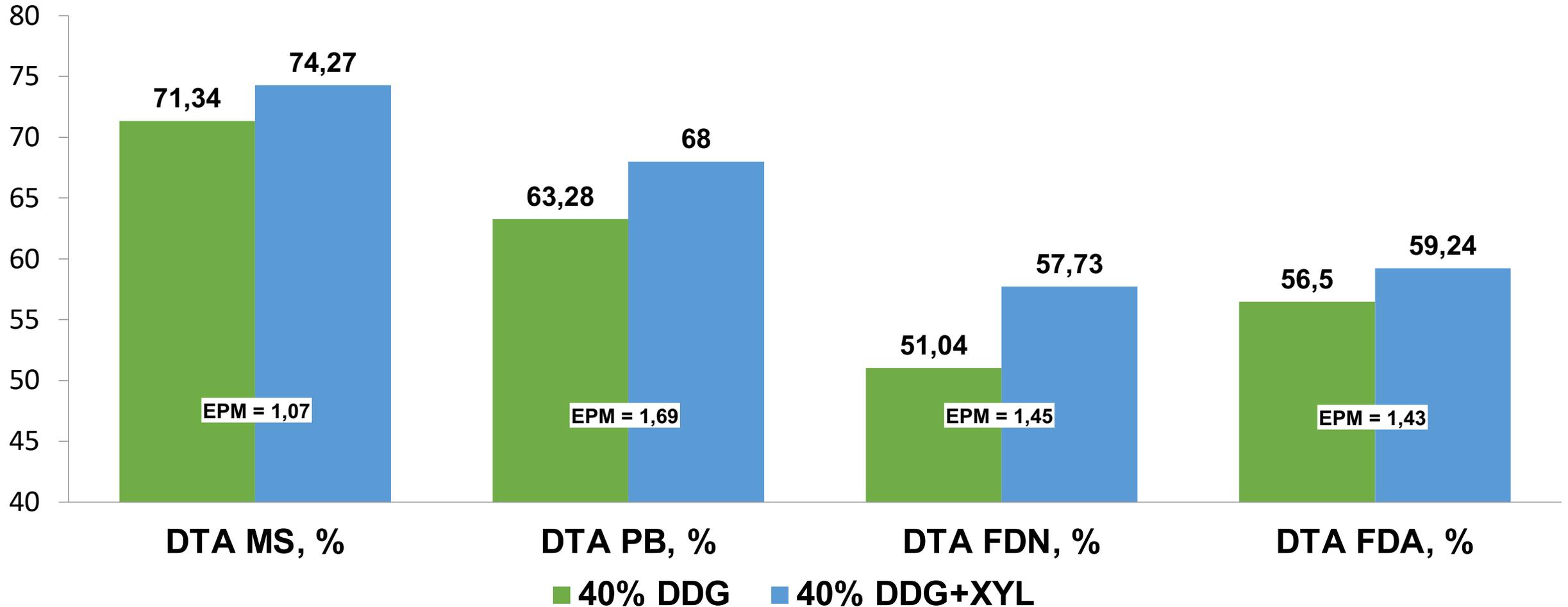
<sup>a,b</sup>Médias com letras diferentes diferem (P < 0,05)

# Fatores limitantes para elevadas inclusões de DDGS

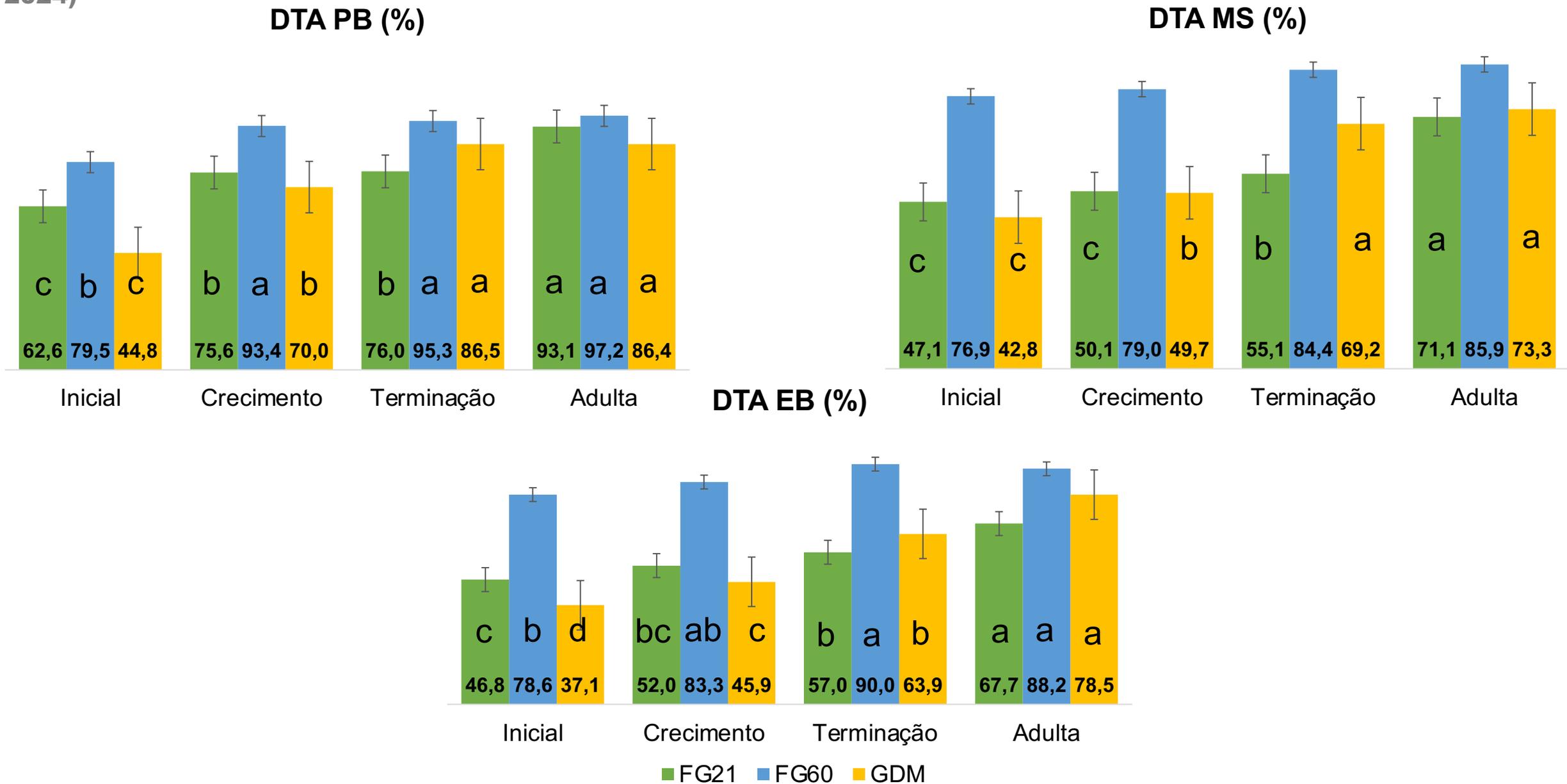
## ▪ Coprodutos do milho

- **↑ [Fibra]: 30 a 40% FDN** (Pedersen et al., 2014; Jaworski et al., 2015)
  - PNA insolúveis, principalmente arabinosilanas e celulose
  - ↑ taxa de passagem digesta
  - ↑ enchimento gástrico (saciedade)
  - Encapsulamento de nutrientes
  - ↓ digestibilidade de nutrientes
- **↑ [AAs cadeia ramificada]: especialmente Leu** (Cemin et al., 2019)
  - Catabolismo de AAs cadeia ramificada
  - Efeito sobre AAs neutros (Trp), ↓ serotonina
  - Superestimulação da via mTOR

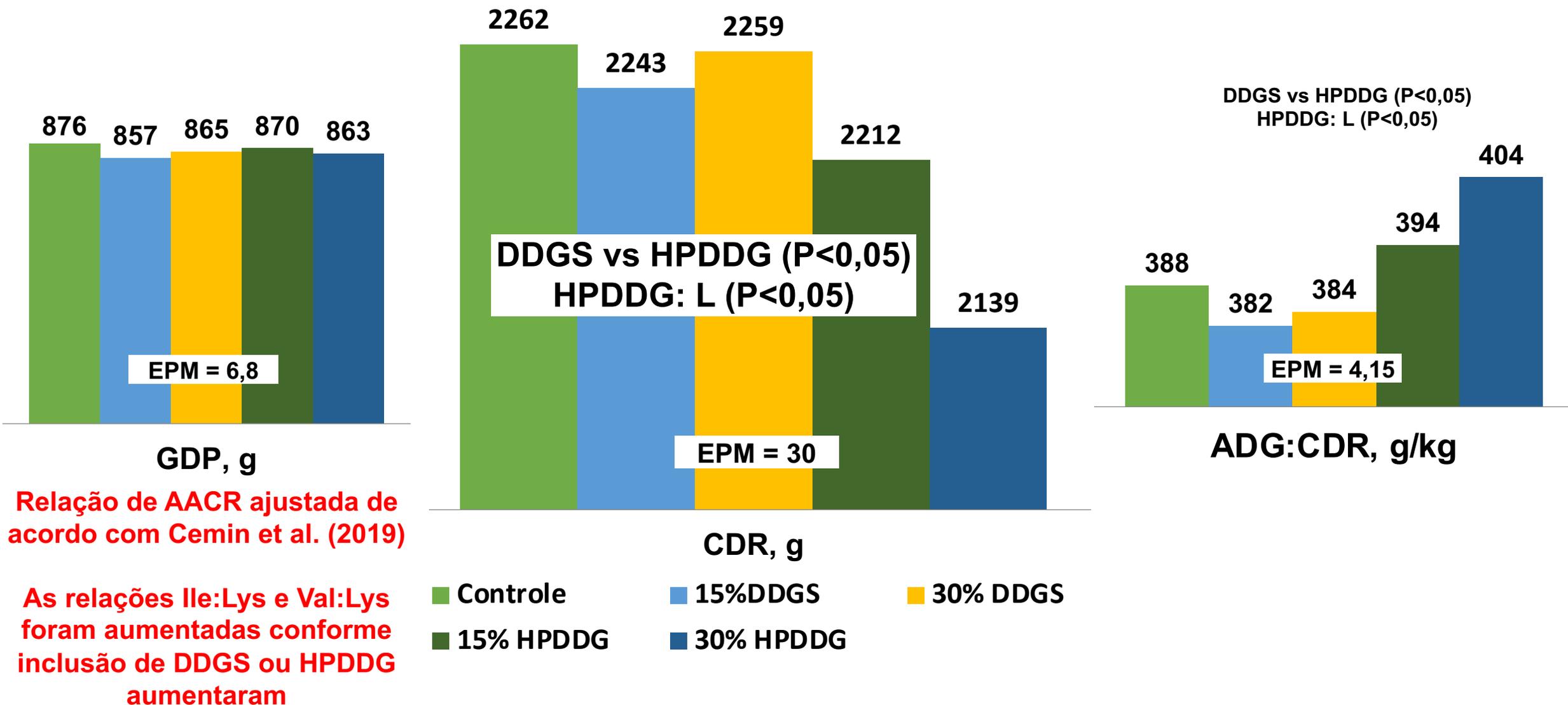
**Fig. 13 - Adição de xilanase (XYL) melhora ( $P < 0,05$ ) as digestibilidades totais aparentes (DTA) da MS, PB, FDN e FDA de dietas com 40% de DDG de milho de alta proteína para suínos em crescimento** (adaptado de Paula et al., 2021)



**Fig. 14 - Digestibilidades totais aparentes (DTA) dos nutrientes e da energia de coprodutos do milho em fêmeas suínas nas fases inicial, de crescimento, de terminação e adulta (Barbosa, 2024)**

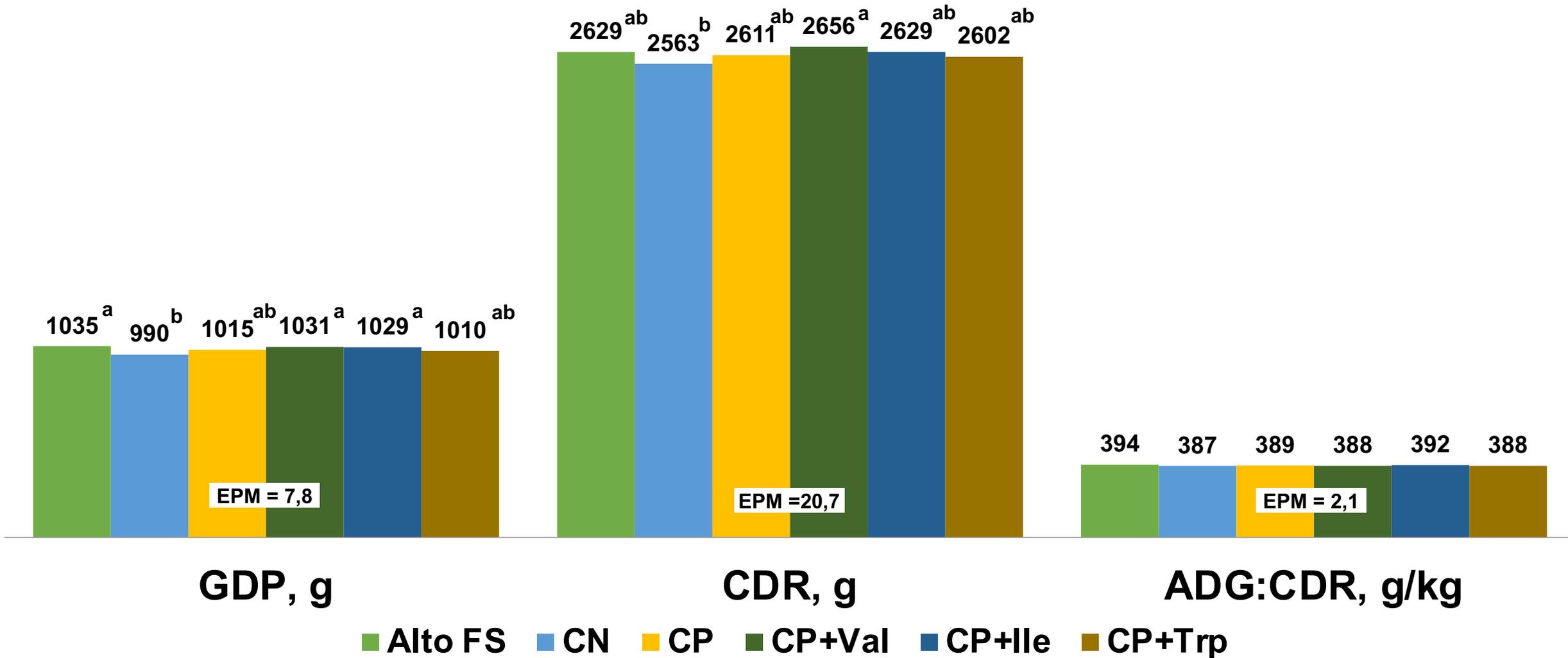


**Fig. 15 - Ajuste das relações de AA de cadeia ramificada sobre o desempenho zootécnico de suínos em crescimento e terminação** (Rao et al., 2021)



**Fig. 16 - Adição de Val, Ile e Trp em dietas com 30% de DDGS sobre o desempenho zootécnico de suínos em crescimento e terminação**

(Kerkaert et al., 2021)



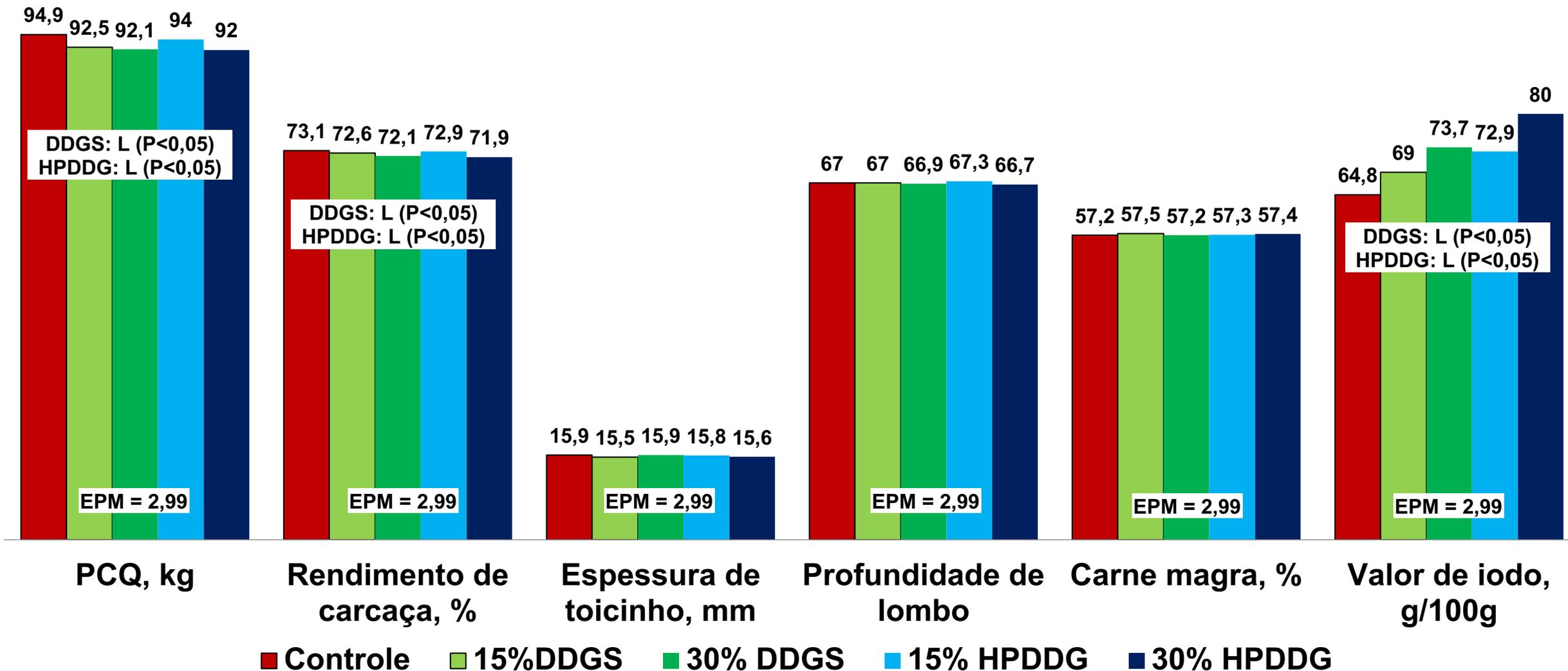
# ↑ [AAs cadeia ramificada]: especialmente Leu

- **Dietas com Leu em excesso para suínos** (Kwon et al.;2024)
  - ↑**25%** Trp, isoladamente ou em combinação com Ile e Val: ↑ retenção de N
  - Trp e ↑**15%** Val: evitaram os efeitos prejudiciais do excesso de Leu no desempenho zootécnico de suínos
  - O uso bem-sucedido da proteína do milho em dietas com excesso de Leu para suínos em crescimento: valina adicional e possivelmente triptofano

# Características de carne e carcaça



**Fig. 17 - DDGS e HPDDG reduzem peso e rendimento de carcaça, aumentam valor de iodo, mas não alteram deposição de gordura e músculo** (Rao et al., 2021)



# DDGS e HPDDG vs características de carcaça

- **Peso e rendimento de carcaça**
  - Fibra e enchimento gástrico (Pedersen et al., 2014)
- **Firmeza da gordura**
  - Perfil ac. graxos do DDGS/HPDDG vs gordura corporal dos suínos
- **Remoção do DDGS/HPDDG 24-30 dias antes do abate** (Coble et al., 2018)



Panceta fresca de animais alimentados com dieta a base de milho e farelo de soja

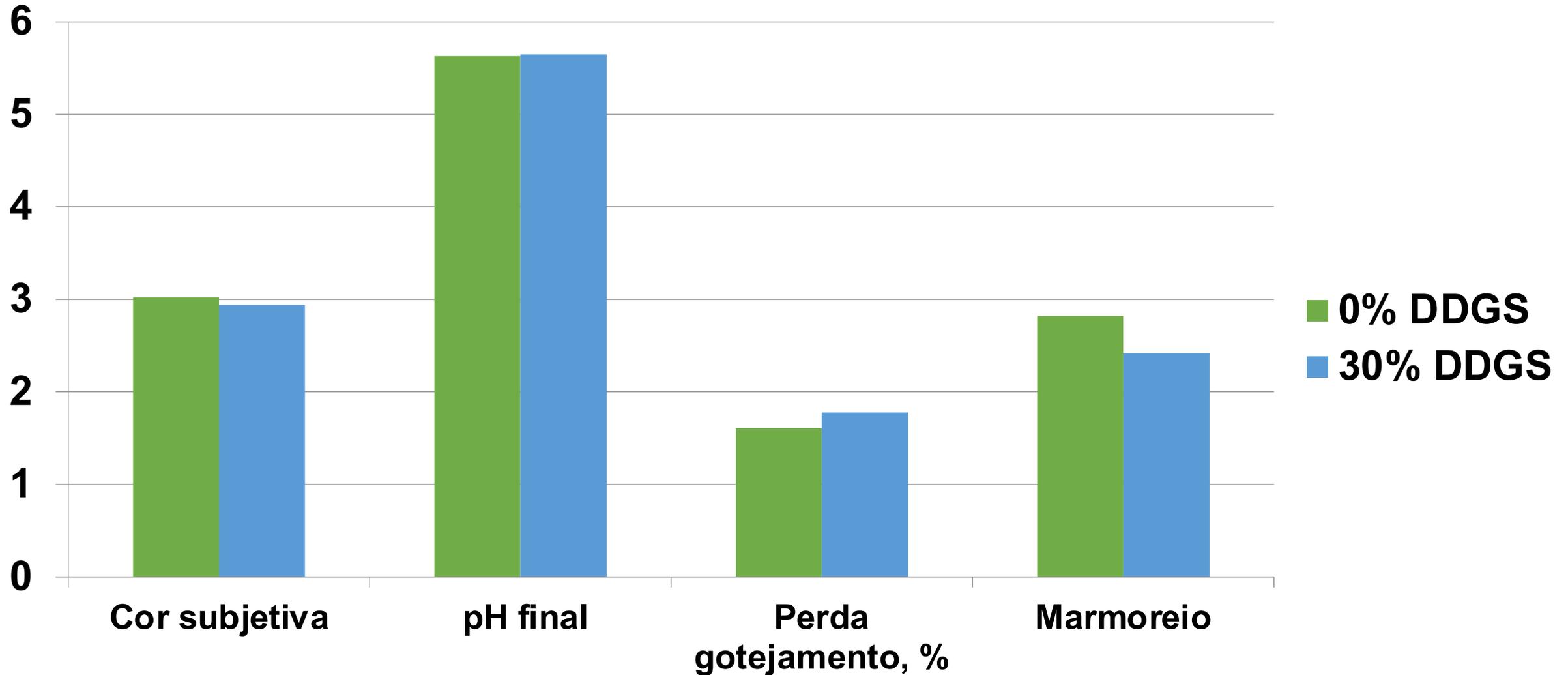


Panceta fresca de animais alimentados com dieta contendo 30% de DDGS

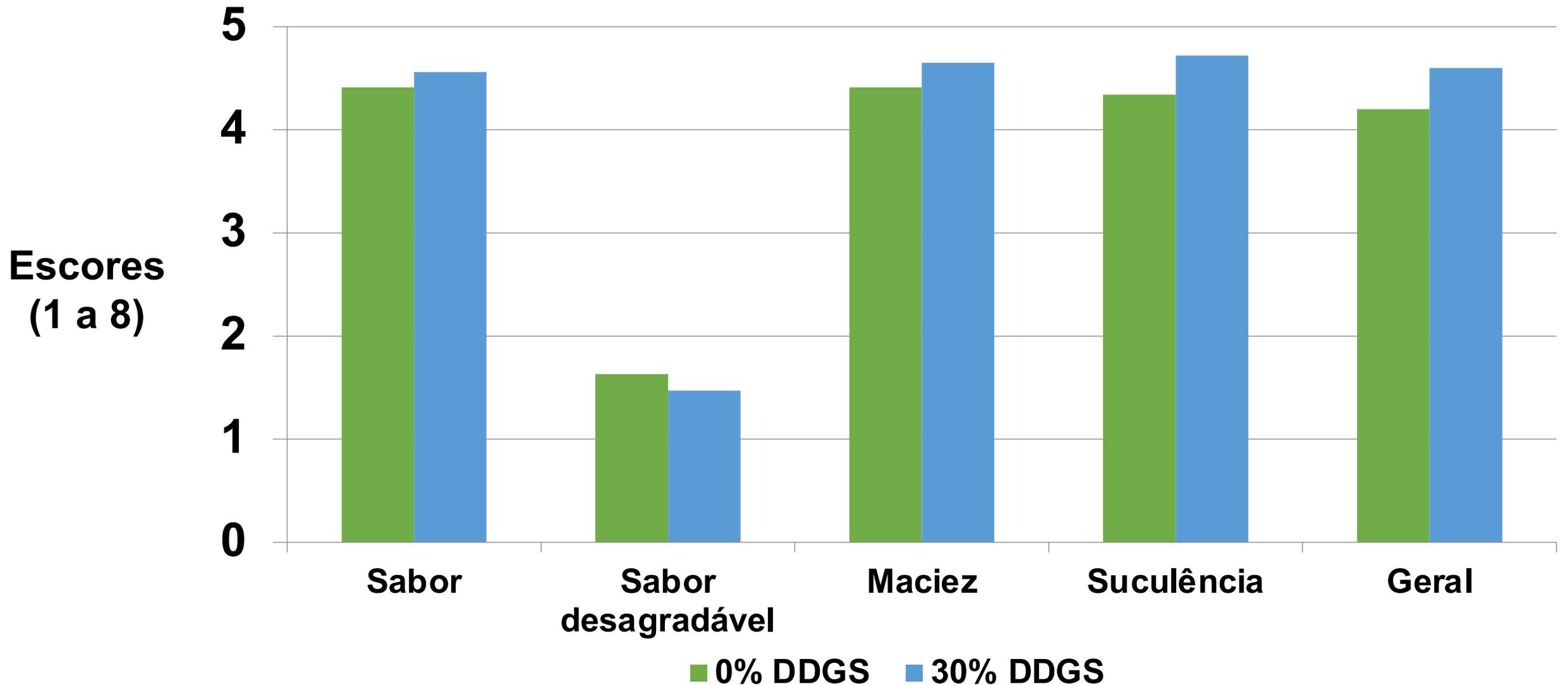
**Tab. 10 – Dietas com 20 a 40% de DDG nas fases de crescimento e terminação aumentam a deposição de ácidos graxos insaturados (% do total de gordura) no músculo *Longissimus dorsi* de suínos machos castrados** (adaptado de Paula et al., 2021)

Item, %	Dietas		
	Milho + F. Soja	20 – 40% DDG	EPM
Oleico (9c-18:1)	38,88 <sup>a</sup>	35,65 <sup>b</sup>	0,871
Linoleico (18:2n-6)	11,19 <sup>b</sup>	18,65 <sup>a</sup>	1,116
Linolênico (18:3n-3)	0,41 <sup>b</sup>	0,69 <sup>a</sup>	0,052
Saturados	45,41 <sup>a</sup>	42,80 <sup>b</sup>	0,851
Insaturados	54,60 <sup>b</sup>	57,20 <sup>a</sup>	0,862
Monoinsaturados	42,90 <sup>a</sup>	39,01 <sup>b</sup>	0,933
Polinsaturados	11,70 <sup>b</sup>	19,46 <sup>a</sup>	1,350
Sat:Insaturados	0,83 <sup>a</sup>	0,75 <sup>b</sup>	0,025
Insat:Saturados	1,17 <sup>b</sup>	1,34 <sup>a</sup>	0,043

**Fig. 18 - Fornecimento de dietas com 30% DDGS não afeta qualidade do lombo** (Xu et al., 2009)



**Fig. 19 - Fornecimento de dietas com 30% DDGS não afeta características sensoriais do lombo de suínos cozido** (Xu et al., 2009)



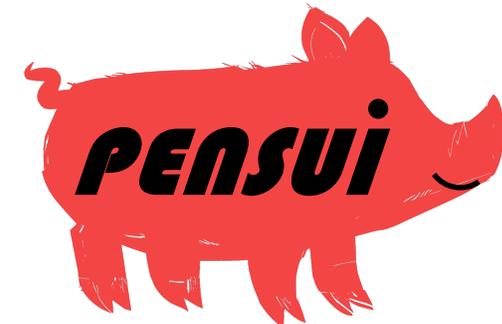
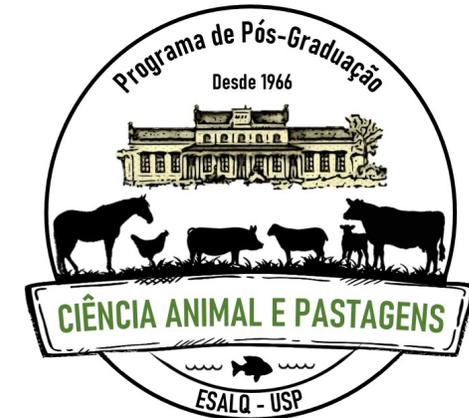
# Considerações finais

- **A utilização de coprodutos da agroindústria na alimentação de suínos é de grande relevância**
- **Os coprodutos de milho produzidos no Brasil tem grande potencial de uso na suinocultura brasileira**
- **Considerar**
  - **Composição nutricional (AAs, fibra, ácidos graxos)**
  - **Uso de aditivos zotécnicos**
  - **Ajustes nas relações entre aminoácidos**
  - **Estudos feitos com coprodutos produzidos no Brasil**



# ESALQ

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz  
Universidade de São Paulo



**Pesquisa e Extensão em  
Nutrição de Suínos**

ESALQ USP

“Nutrição Animal: O caminho para uma  
produção competitiva”

# Coprodutos de cereais na alimentação de suínos

Urbano S. Ruiz  
[usr Luiz@usp.br](mailto:usr Luiz@usp.br)

Esalq – USP, Piracicaba/SP

Vinícius R. C. de Paula  
[vinicius.paula2@ufmt.br](mailto:vinicius.paula2@ufmt.br)

UFMT, Sinop/MT

José A. L. Barbosa  
[andrew.lira@usp.br](mailto:andrew.lira@usp.br)

Esalq – USP, Piracicaba/SP

**Muito obrigado Professor  
Valdomiro!**

