

# Melhoramento Genético Animal

Gerson Barreto Mourão

Zootecnista, D.Sc., Professor Associado II

Universidade de São Paulo - USP

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ

Departamento de Zootecnia – LZT

email: [gbmourao@usp.br](mailto:gbmourao@usp.br)

# O que melhorar?

- Quais são nossos objetivos e mercados?
- Criar animais “puros” ou fazer cruzamentos?
  - A resposta = PRODUTIVIDADE >>> \$\$\$
- Qual a melhor raça?
- Qual o melhor cruzamento?
- O que fazer com as fêmeas F1 (“meio-sangue”), abater todas ou utilizá-las na reprodução?
- Quais são nossos sistemas de produção?

# O sistema!



# O sistema



# O sistema



# O sistema



# Qual é o produto? Qual o sistema?



# Qual é o produto? Qual o sistema?



# Histórico



- Quando surgiu?
  - Incerto...
  - O “pai” do Melhoramento
    - Criador de Longhorn
    - Robert Blackwell
    - Teste de Progênie Empírico

# Histórico



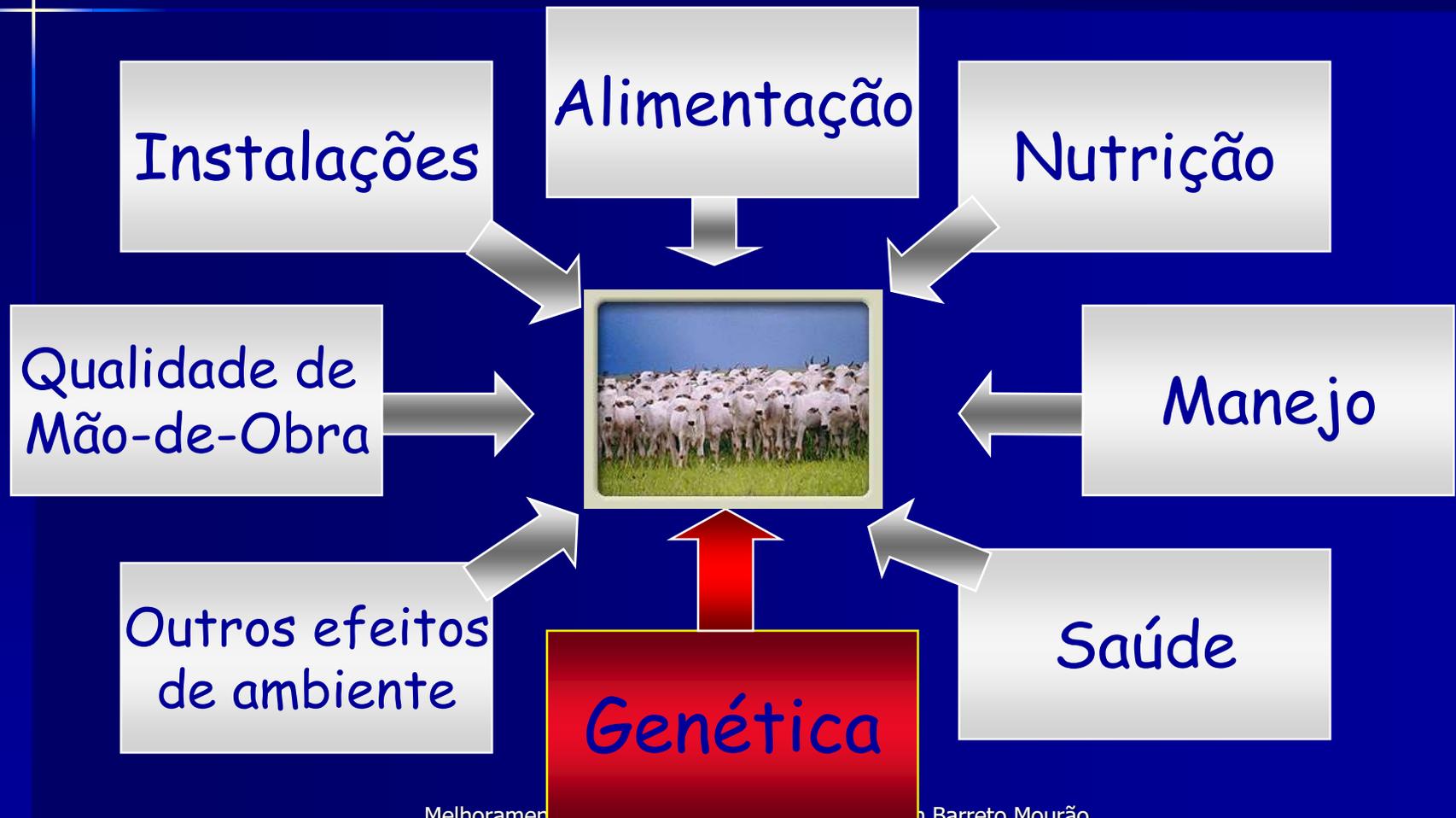
- Genética
  - como ciência, se definiu em 1866 com a publicação dos resultados dos experimentos de Gregor Mendel;
- Atribui-se a Sewall Wright a fundação da genética quantitativa ou biométrica, ao publicar as bases genéticas que permitiram quantificar os efeitos dos sistemas de acasalamento na estrutura gênica das populações animais;
- Jay Lush, Iowa, foi o introdutor destes novos conhecimentos como ferramenta de promoção de melhoramento animal.

# Histórico



- A Hazel atribui-se importante contribuição ao propor a construção dos índices de seleção para seleção simultânea de várias características;
- A metodologia dos modelos mistos, de Henderson, têm provocado progressos que extrapolam a imaginação.

# O que condiciona o desempenho dos animais?



# Para que servem reprodutores ou matrizes?



- São nossas máquinas
- Devem produzir os nossos produtos, os bezerros
- Esses produtos devem ser adequados aos sistemas de produção e às condições de ambiente que temos
- Os reprodutores e matrizes são máquinas de fazer gametas (espermatozóides e óvulos), portanto, valem o valor de seus gametas
- Se valem o valor de seus gametas, temos que conhecer isso....

# Um modelo

$$\blacksquare P = G + E + GE$$

- $P =$  Fenótipo
- $G =$  Genótipo
- $E =$  Ambiente

$$\blacksquare P = A + D + I + E + GE$$

- $A =$  efeito aditivo dos genes
- $D =$  efeito de dominância dos genes
- $I =$  efeito da interação entre os genes (epistasia)

# O que é avaliação genética?

$$P = A + D + I + E + GE$$

- Procedimento de análise dos dados de produção dos animais, com uso de metodologia estatística adequada, para:
  - Separar os efeitos genéticos aditivos (**A**) dos demais efeitos (D+I+E)
  - Ordenar (rankear) os animais segundo o valor genético aditivo de cada um.

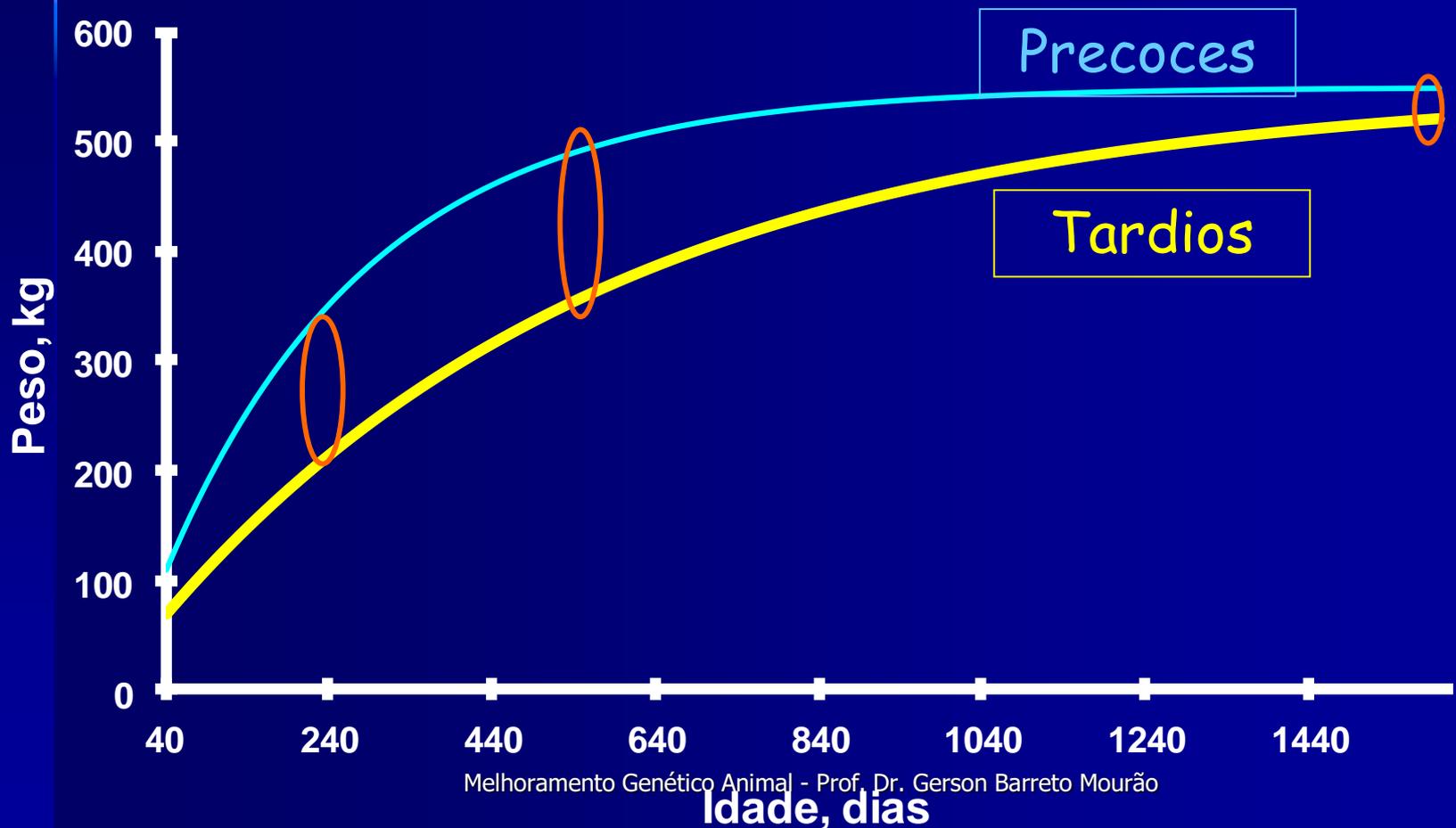
$$P = A + D + I + E + GE$$

## DEP: o que é isso?



- DEP = diferença esperada de progênie
- Ferramenta AUXILIAR de seleção
- Exemplo:  
Touro A = +12 kg x Touro B = -3 kg de peso ao abate  
Diferença entre eles: 15 kg/filho, em média  
Se for peso ao abate = 15 kg/filho x 5 anos x 30 filhos/ano =  
2250 kg de peso vivo x R\$ 5,00 = R\$11.250,00 de receita  
adicional na vida útil do touro  
Valor diferencial do touro A, em relação ao touro B
- DEP é dinheiro no bolso do criador

# Precoces x Tardios



# Colheita de Informações

## Pesos e mensuração com aparelhos de ultra-som



GRUPO DE ESTUDOS EM ESTATÍSTICA E

MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL

ESALQ - USP

Medição de peso,  
EGS, EGP8 e AOL  
na "entrada" do  
confinamento



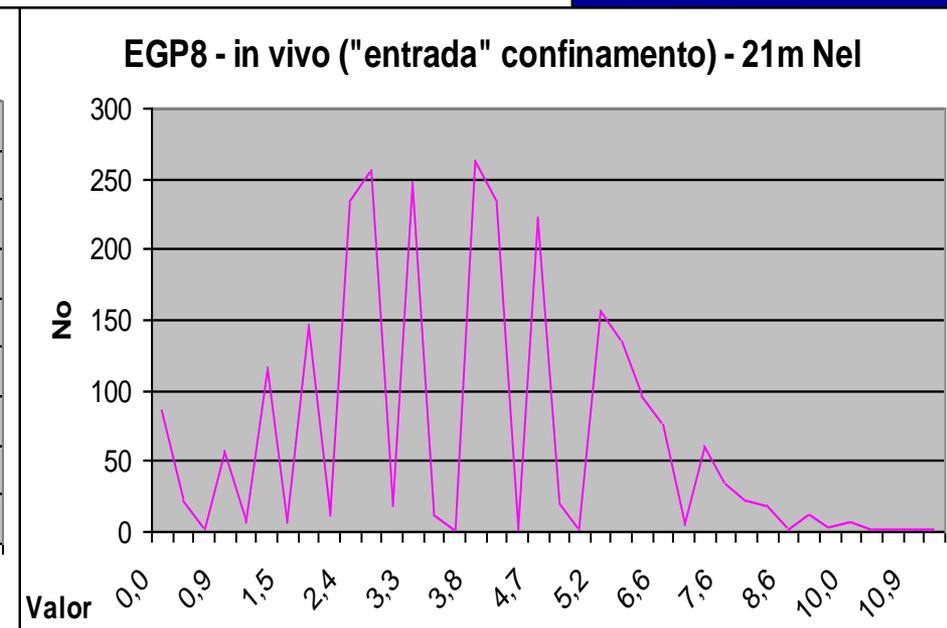
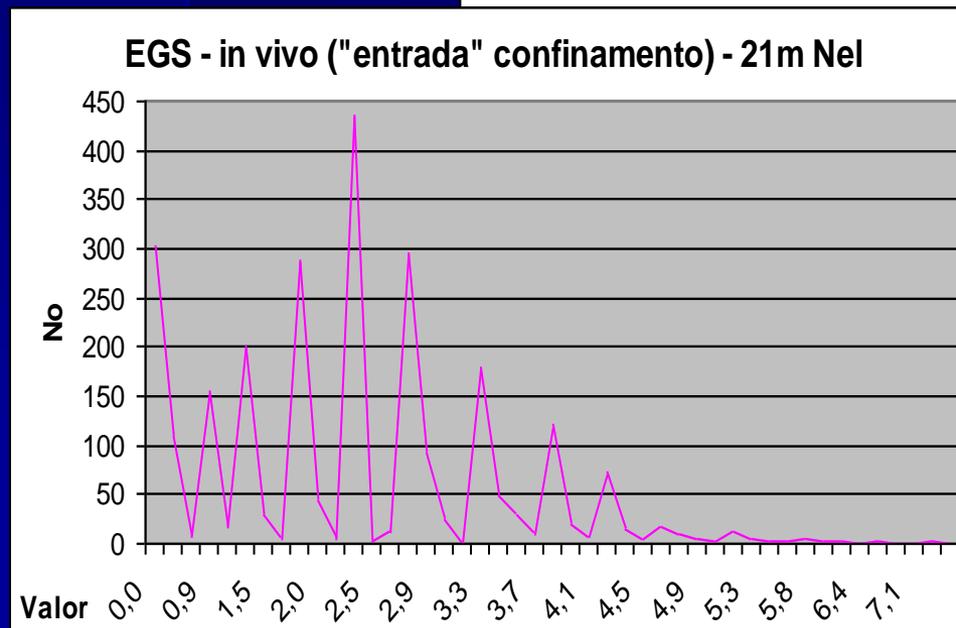
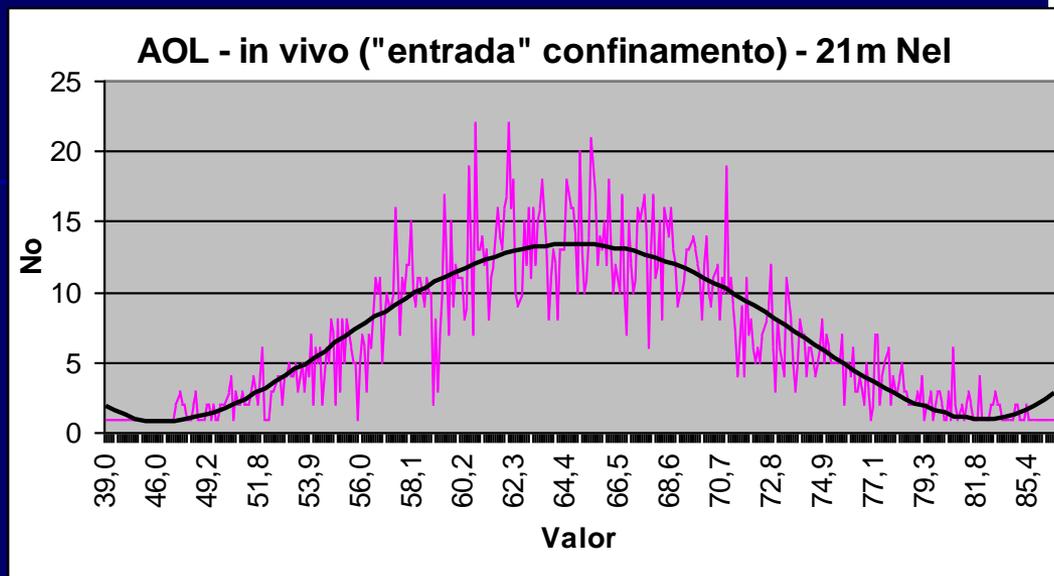
# Resultados preliminares



GRUPO DE ESTUDOS EM ESTATÍSTICA E

MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL

ESALQ - USP



# Coleta amostras pós-abate



Leitura de  
PH

666  
animais

Identificação  
da  
Carcça



# Coleta amostras pós-abate



Fotos para comparação da  
AOL na 5<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costela

# Coleta amostras pós-abate

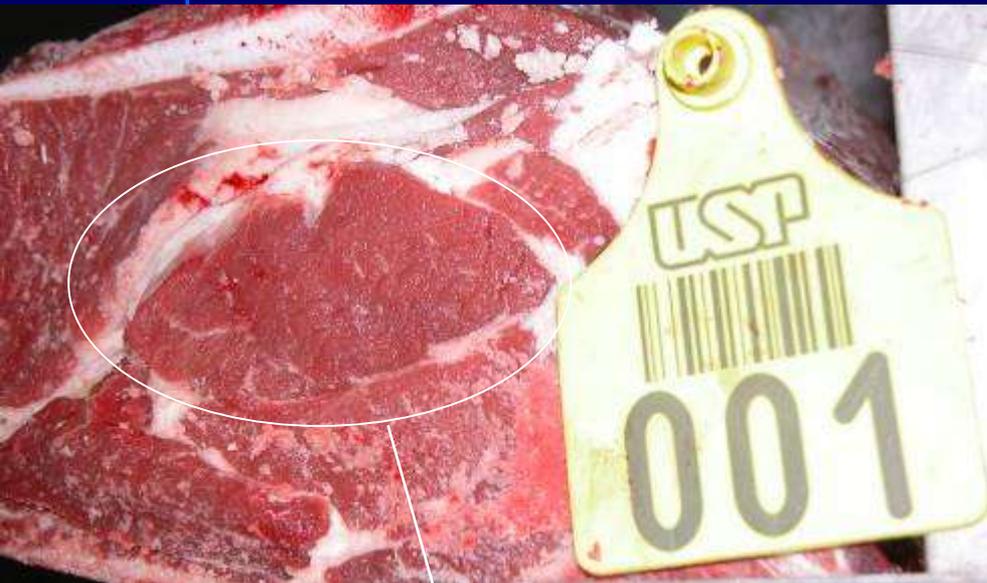


FOTO DA AOL NA 5<sup>ª</sup>  
COSTELA  
(LOCAL PADRÃO DE  
CORTE DA CARÇA NO  
FRIGORÍFICO)

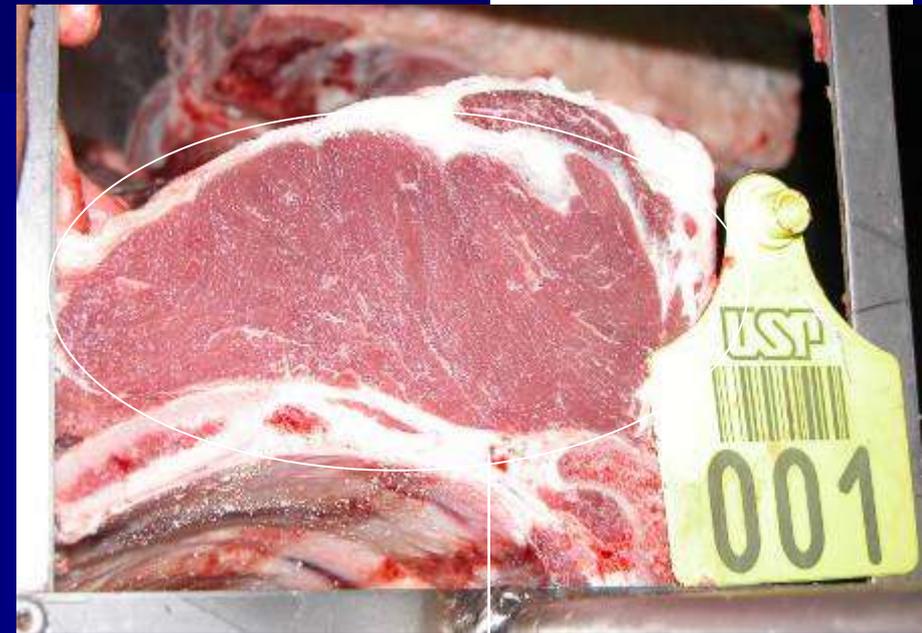
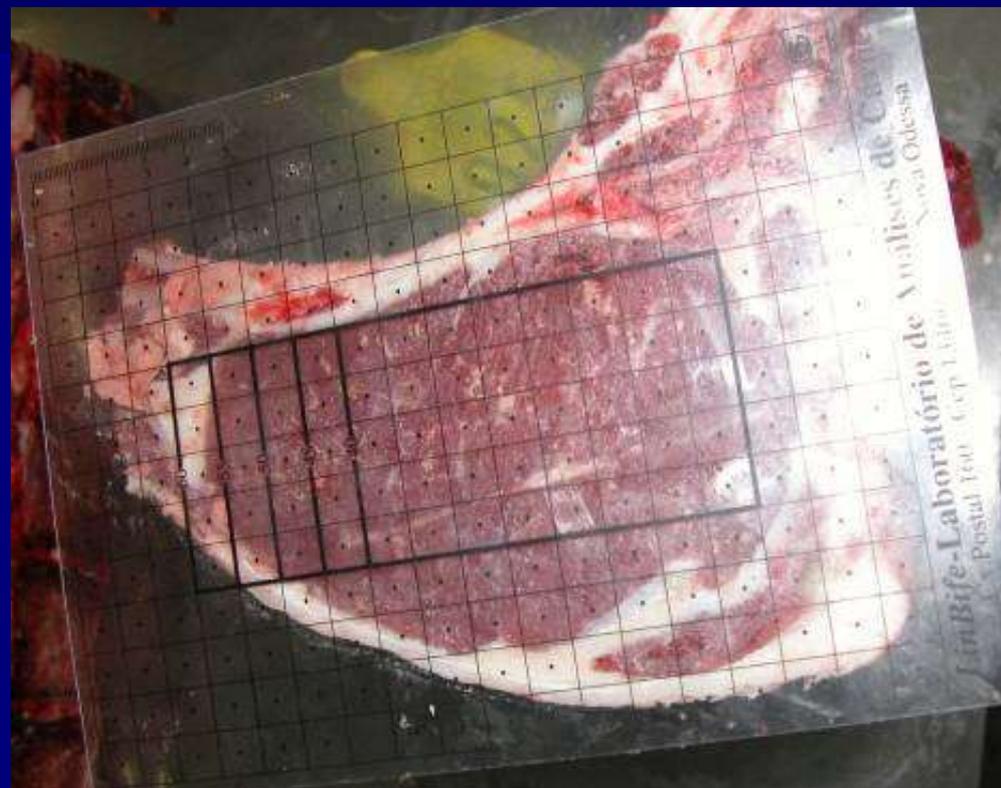
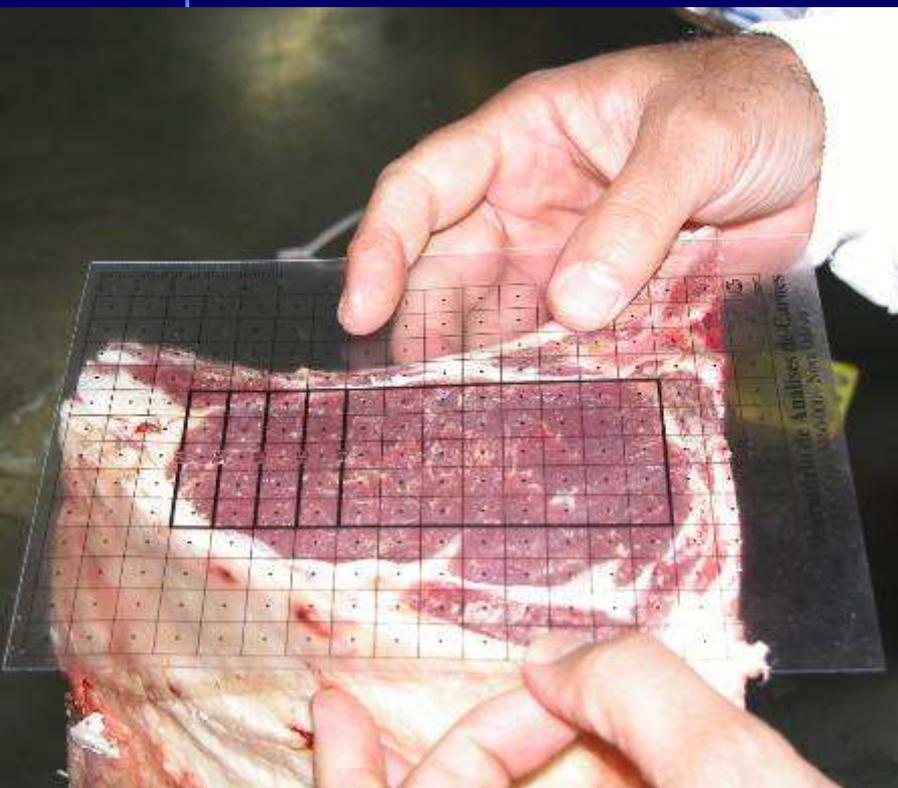


FOTO DA AOL NA 12<sup>ª</sup> COSTELA  
(LOCAL DE CORTE PARA  
TRABALHOS CIENTÍFICOS, MAS  
FORA DO PADRÃO DA INDÚSTRIA)

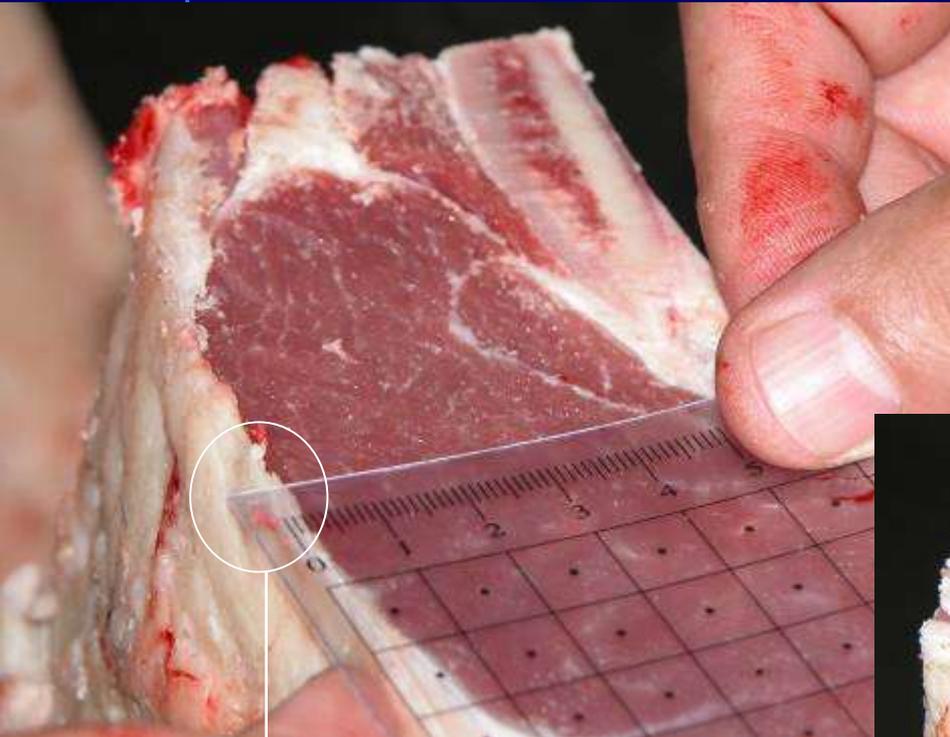
# Coleta amostras pós-abate



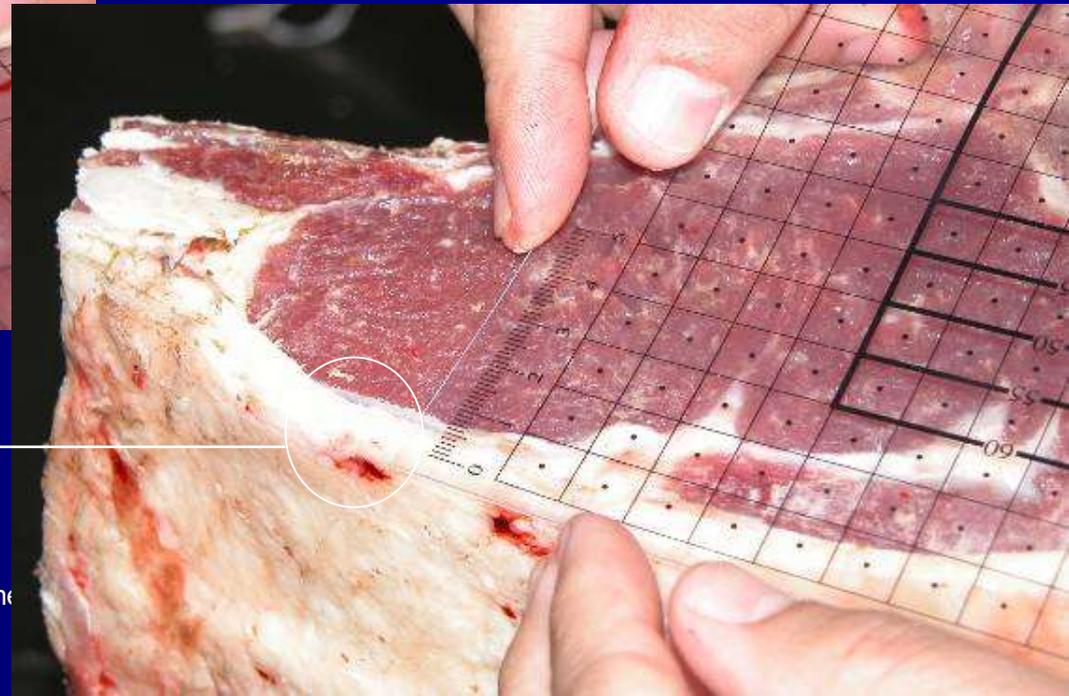
MEDIÇÃO DA ÁREA DE OLHO DE LOMBO (AOL) - CONTAGEM DE QUADRADOS

Melhoramento Genético Animal - Prof. Dr. Gerson Barreto Mourão

# Coleta amostras pós-abate



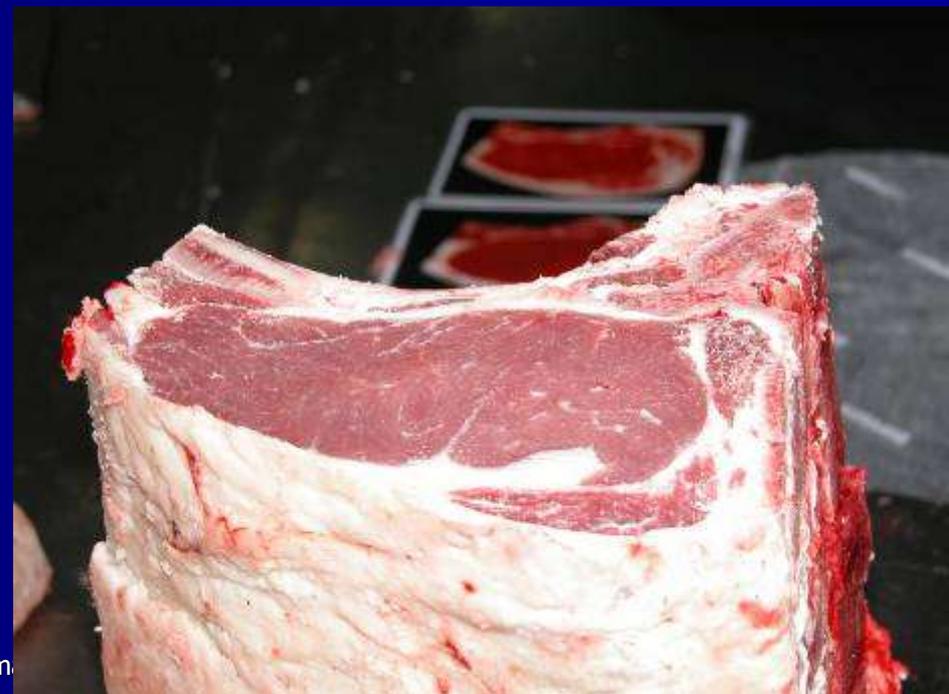
MEDIÇÃO DA ESPESSURA  
DE GORDURA (EGS) EM  
MILÍMETROS



# Coleta amostras pós-abate



Avaliação de marmoreio,  
com base em cartões  
referência



# Coleta amostras pós-abate



PORCIONAMENTO DE 4 AMOSTRAS DO CONTRA PARA TEMPOS  
DISTINTOS DE MATURAÇÃO: 7, 14 e 21 DIAS MAIS UMA  
AMOSTRA PARA COMPOSIÇÃO DA CARNE

# Coleta amostras pós-abate

ORDEM DAS FOTOS	NUMERO DA CARCAÇA	FOTO 5*	FOTO 12*	AOL	EDS	MAR
1	30			72	6	Sm
2	24			69	2	SL
3	43			63	5	Sm
4	21			64	2	SL
5	25			73	4	Sm
6	28			63	4	Sm, SD
7	26			75	2	SL, SD
8	20			85	4	SL, SD
9	23			67	2	SL
10	14			68	4	Sm
11	23			70	1	SL, SD
12	17			61	4	SL
13	11			63	4	SL
14	15			63	1	SL



TRABALHO DA EQUIPE DA USP  
COM TODAS AMOSTRAS  
ABATIDAS

# Trabalho laboratório carne



Assado de forma padronizada  
(71°C interno)

Pesagem pós assar

(Com e Sem exsudato)

Resfriamento até 20°C

# Trabalho laboratório carne – Shear force



abate 08/11/06 7 dias

EXPERIMENTO: Marcadores Moleculares - MERIAL/CFM

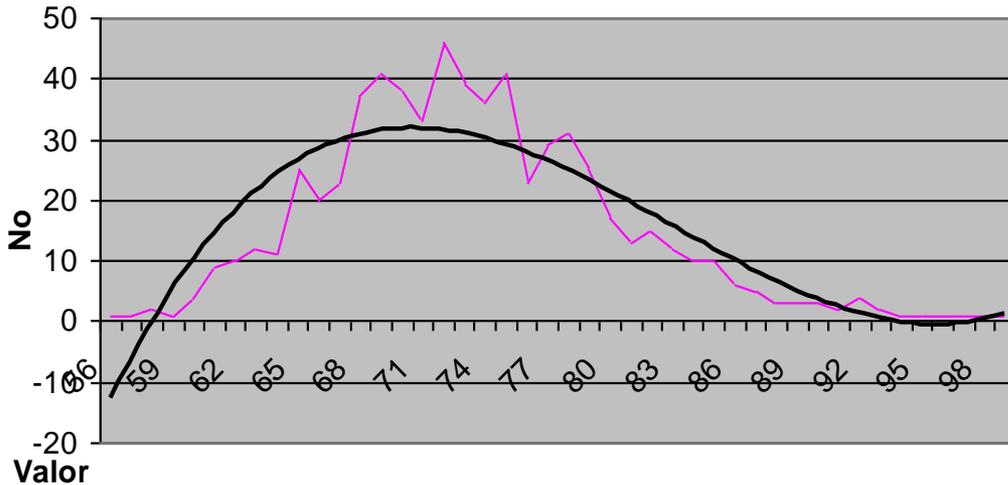
Etiqueta: VERDE, Coleta: 09/11/2006 Análise: 16/11/2006

AMOSTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
25	9,25	11,6	5,0	9,2	6,9	4,05	6,7	9,5
20	7,0	8,1	5,15	5,7	6,55	6,1	3,0	4,25
54	6,5	9,1	4,9	2,2	6,1	6,8	10,1	7,9
11	5,7	4,45	5,8	3,9	7,0	2,2	6,0	3,05
21	7,0	6,15	6,2	6,8	6,0	6,8	7,2	6,25
93	3,5	7,65	4,8	8,5	4,25	3,4	5,25	4,1
30	5,7	5,35	4,00	10,45	4,10	3,00	7,50	7,50
32	6,85	6,85	6,80	4,80	10,20	8,05	4,70	
32	4,90	7,25						

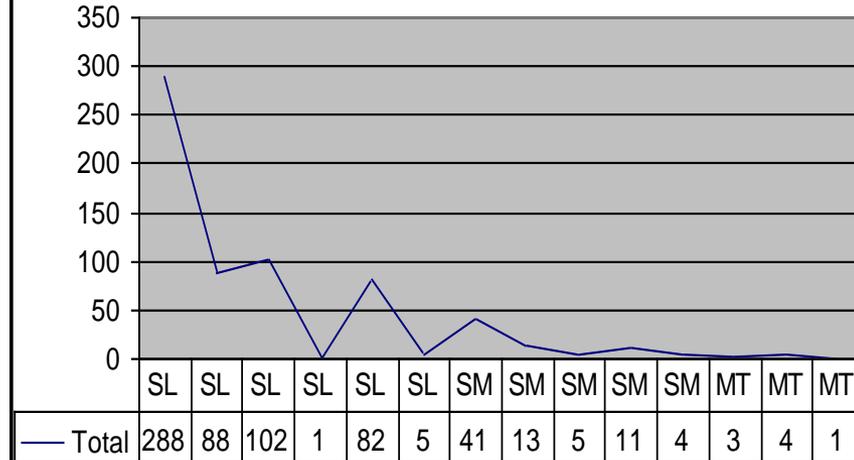
8 medidas

# Resultados preliminares

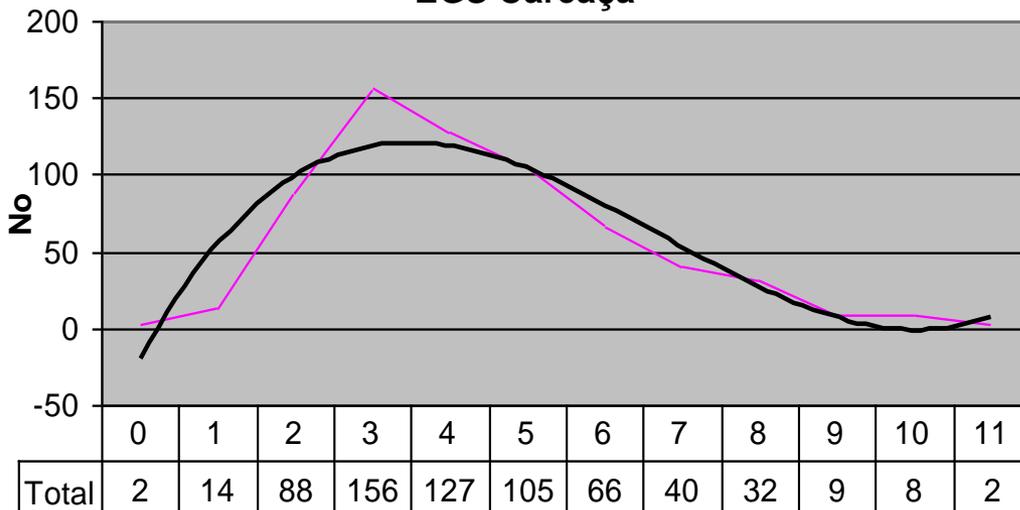
### AOL Carça



### Marmoreio Carça



### EGS Carça



### Dias Mat. % < 4,54

7 dias	16%
14 dias	38%
21 dias	58%

Touros	No	%
Macio	6	13,6%
Médio	12	27,3%
Duro	26	59,1%
<b>Total</b>	<b>44</b>	

# Como selecionar um reprodutor?



- Para que servem as avaliações genéticas, as DEPs, os sumários de touros e vacas?
  - São as “especificações técnicas” de nossas máquinas;
  - São ferramentas auxiliares, nossos critérios de escolha;
  - Dão uma idéia, quando comparadas aos estimativas dos outros reprodutores disponíveis, do valor médio dos gametas de um reprodutor, comparado aos demais.

# O que é um gene letal?

- Gene ou alelo cuja manifestação causa a morte do indivíduo
- Pode atuar
  - No período pré ou pós natal
    - Normalmente antes da maturidade sexual
      - Causando o impedimento da reprodução
      - Neste caso o gene/alelo não passa para a próxima geração
- Origem do termo: carga genética
  - Soma dos efeitos dos genes deletérios e letais que estão presentes nos indivíduos de uma população

# Expressão de Genes Letais

- Dominantes
  - Levam à morte com apenas uma cópia do alelo
- Dominantes parciais
  - Produzem um fenótipo reconhecível no heterozigoto
- Recessivos
  - Não conferem efeito detectável no heterozigoto
  - A letalidade é totalmente recessiva
    - Só acontecerá no indivíduo homozigoto para o alelo

# Porque o gene é letal?

- Erros em cascata que levam à morte
  - Alelo causa uma deficiência em alguma reação metabólica essencial
  - Alguns alelos são letais em qualquer situação
  - Outros são letais em um ambiente, mas viáveis em outros

# Alguns Exemplos

- Síndrome letal do potro branco
  - Em homozigose do alelo para pelagem oveiro resulta em potros brancos ou quase brancos
  - Morrem nos primeiros dias de vida
  - Obstrução intestinal: causada pela falta de células nervosas na porção distal do intestino grosso (megacólon agangliônico)



# Alguns Exemplos

- Síndrome do cordeiro aranha
  - Acomete ovinos
  - ‘Spider lamb syndrome’
- Sinais clínicos
  - Apresenta deformidades do esqueleto axial e apendicular, extremidades alongadas, escoliose, cifose, concavidade esternal, desvios carpais, mandíbula alongada, deformidades da cabeça e impossibilidade de manter-se em estação



# Alguns Exemplos

- Síndrome de Weaver
  - Mieloencefalopatia progressiva bovina
  - Gene recessivo
  - Sinais clínicos
    - Início de 6-8 meses
    - Morte: 12-20 meses



# Alguns Exemplos

- Acondroplasia bovina
  - Bezerro ‘Bulldog’
  - Dominante incompleto
  - Homozigoto
    - Pode ser abortado durante a gestação (6-8 meses)
  - Heterozigoto
    - É pequeno e apresenta músculos pesados



# Controlar geneticamente?

## ■ Controle genético

- Estamos falando de descarte reprodutivo
- Significa impedir que certos indivíduos contribuam com seus genes para as próximas gerações

## ■ Pesquisa clínica

- Realizar o descarte dos animais afetados
  - As frequências futuras irão se reduzir gradativamente
  - Mudança na frequência: -----→
- Se a doença é letal recessiva
 

$$\Delta q = \frac{-sq^2(1-q)}{(1-sq^2)}$$

  - Precisamos identificar além dos afetados os heterozigotos
  - **Genômica: 100% eficaz**

# Genótipo vs Ambiente

- As mudanças produtivas promovidas pelo melhoramento genético são estáveis e permanentes;
- As mudanças de ambiente têm caráter transitório e não são transferidas de uma geração para outra.

# Seleção



- **Objetivos Gerais**
  - Obtenção de animais com alto desempenho
  - Sucesso é medido pelos seus próprios resultados produtivos ou de suas progênes
- **Definir objetivos de seleção**
  - Características a serem selecionadas
  - Conhecer os parâmetros genéticos
  - Definir os critérios a serem utilizados

# Como fazer?



- O melhoramento genético pode ser obtido
  - Pela seleção de animais superiores à média do rebanho para produção da geração seguinte
    - Fenótipo para estimar os genótipos dos indivíduos
  - Escolher os futuros reprodutores

# Fazer Seleção!

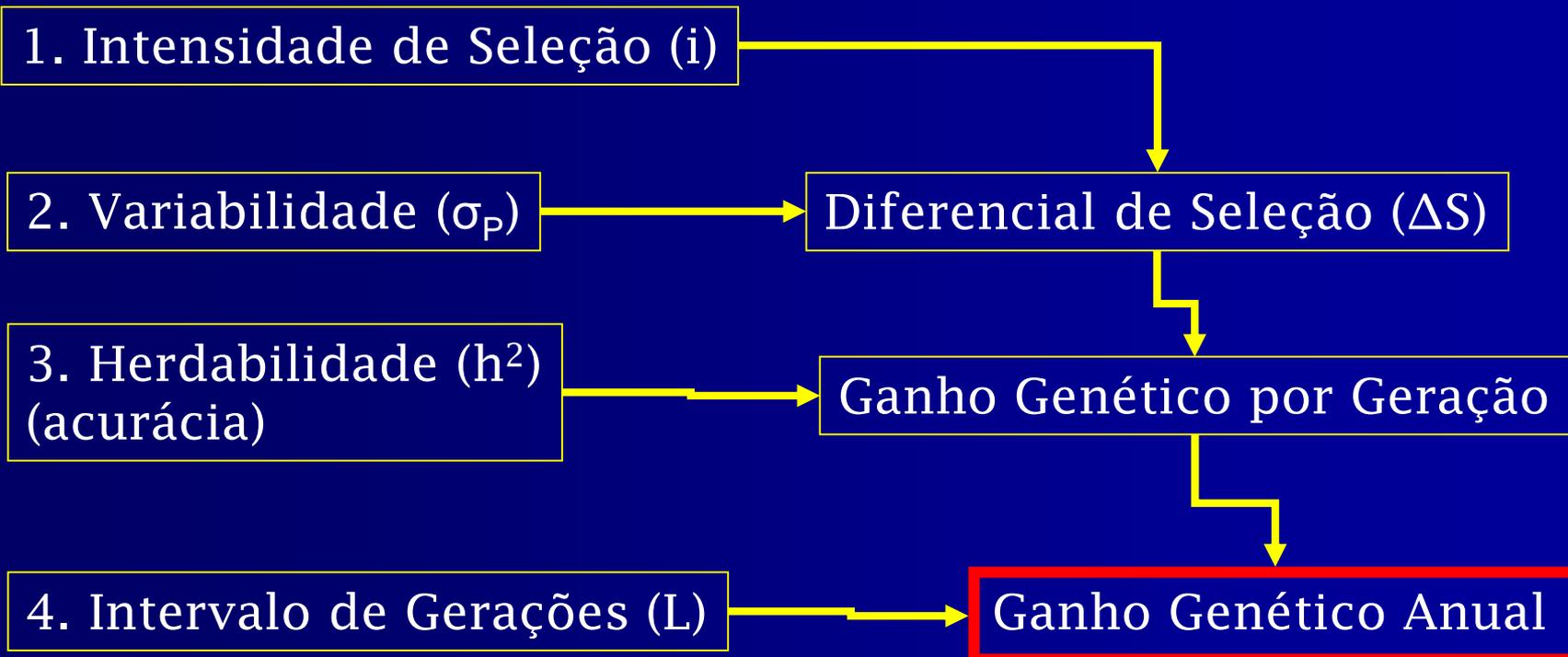
- Parece óbvio e fácil
  - Manter aqueles animais com maior potencial genético para uma ou mais características de interesse e pronto!
    - Não deixa de ser verdade até certo ponto
    - Fenótipos melhores devem provir de genótipos melhores
    - Se genótipos melhores são usados na reprodução, então os melhores genes podem ser transmitidos aos descendentes

# Dificuldades para Seleção

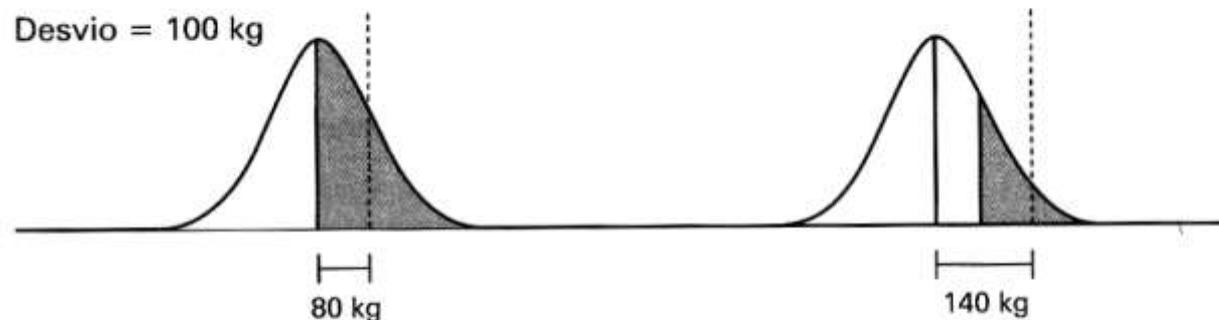


- Requisitos necessários e essenciais
  - A necessidade de dados de desempenho confiáveis
    - registro genealógico e escrituração zootécnica
  - Variabilidade genética e parâmetros genéticos
  - A relação custo:benefício
  - O tempo para atingir o objetivo estabelecido
    - Intensidade de seleção e intervalo de gerações

# Componentes do Ganho Genético



# Diferencial de Seleção



50% melhores

20% melhores

 Proporção de animais selecionados

----- Média dos animais selecionados

|—| Diferencial de seleção

# Estimando o Ganho Genético

- Seleção para peso do ovo de galinhas poedeiras
- Considerando a variabilidade do peso de ovo
  - Desvio-padrão = 5 g
  - Herdabilidade = 0,35
- Ganhos seletivos sob diferentes intensidades de seleção

Proporção de Seleccionados (p)	Intensidade de Seleção (i)	Ganho Genético Esperado, em gramas/geração
0,20 = 20%	1,400	2,44
0,25 = 25%	1,271	2,21
0,40 = 40%	0,966	1,68
0,80 = 80%	0,350	0,61

# Produção de lã

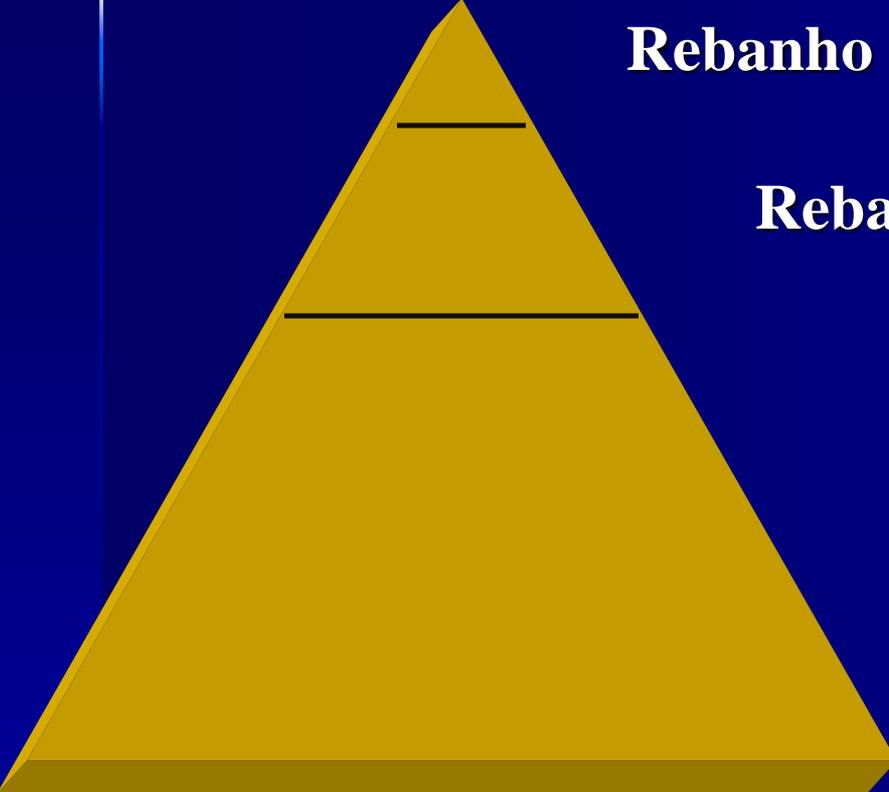
- Média Populacional= 2 kg de lã ao ano
- Desvio-padrão: 0,5 kg
- Rebanho-Fechado: 100 ovelhas
  - 80 nascidos
  - 60 chegam a reprodução
    - 30 Machos e 30 Fêmeas
    - Se usarmos todas as fêmeas a  $i=0$ ;
    - Se 4 dos 30 machos jovens forem selecionados
      - $p=4/30=13\%$  com  $i=1,63$  (ver tabela)
  - Então, a média dos machos selecionados será:
    - $M_s=2+1,63*0,5=2,8$  kg

# Otimizando os Componentes do Ganho Genético



- Menores intervalos de gerações
  - Baixa acurácia (pouca informação)
  - Baixa intensidade de seleção (maior % reposição)
    - Ideal reduzir reprodutores muito velhos
- Equilibrar os componentes
- Uso das DEPs via BLUP
  - Permite manter em reprodução os efetivamente melhoradores

# Estrutura e fluxo de animais



**Rebanho núcleo (1 a 2%)**

**Rebanhos multiplicadores (6 a 8%)**

**Rebanhos comerciais (100%)**

# Aves

- A avicultura é a atividade da agropecuária que apresentou os maiores índices de evolução nas últimas décadas:
  - Recente trabalho usando instalações, manejo e alimentação usados na década de 50 e aves dos anos 90 demonstrou que:
  - 92% de todo progresso obtido foi consequência do melhoramento genético.
  - 8% foi consequência de manejo, alimentação e instalações

# Aves de corte

<b>Ano</b>	<b>Peso</b>	<b>Conversão</b>	<b>Idade</b>
<b>1930</b>	1500	3,50	105
<b>1940</b>	1550	3,00	98
<b>1950</b>	1600	2,50	70
<b>1960</b>	1600	2,25	56
<b>1970</b>	1600	2,00	49
<b>1980</b>	1700	2,00	49
<b>1990</b>	2000	2,00	45
<b>2000</b>	2240	1,78	41



# Aves de Postura

<i><b>Anos</b></i>	<i><b>Ovos/ano</b></i>	<i><b>Peso</b></i>	<i><b>Conversão</b></i>
<b>1930</b>	120	54	3,25
<b>1940</b>	182	53	2,50
<b>1950</b>	219	54	2,08
<b>1960</b>	237	56	1,92
<b>1970</b>	255	57	1,77
<b>1980</b>	292	58	1,56
<b>1990</b>	304	57	1,50
<b>2000</b>	318	57	1,40



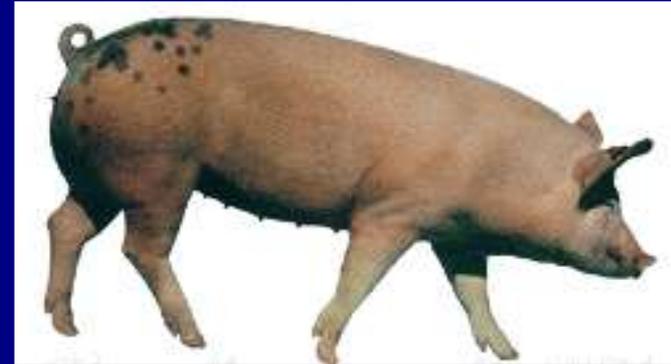
# Suíños



- Melhorias de 1-3% ao ano em programas de melhoramento genéticos bem elaborados que priorizam as características ligadas ao retorno econômico

<i>Ano</i>	<i>Número</i>	<i>GPD</i>	<i>CA</i>	<i>ET</i>	<i>Dias P90</i>
<b>1986</b>	<b>1287</b>	<b>881</b>	<b>2,77</b>	<b>2,10</b>	<b>153</b>
<b>1988</b>	<b>1208</b>	<b>933</b>	<b>2,69</b>	<b>1,85</b>	<b>147</b>
<b>1990</b>	<b>1070</b>	<b>954</b>	<b>2,62</b>	<b>1,72</b>	<b>144</b>
<b>1992</b>	<b>556</b>	<b>988</b>	<b>2,58</b>	<b>1,69</b>	<b>140</b>
<b>1994</b>	<b>473</b>	<b>987</b>	<b>2,54</b>	<b>1,68</b>	<b>137</b>
<b>1995</b>	<b>405</b>	<b>1009</b>	<b>2,53</b>	<b>1,54</b>	<b>138</b>

# Linhagens Comerciais Melhoradas



# Suíños

## ■ Número de leitões/parto



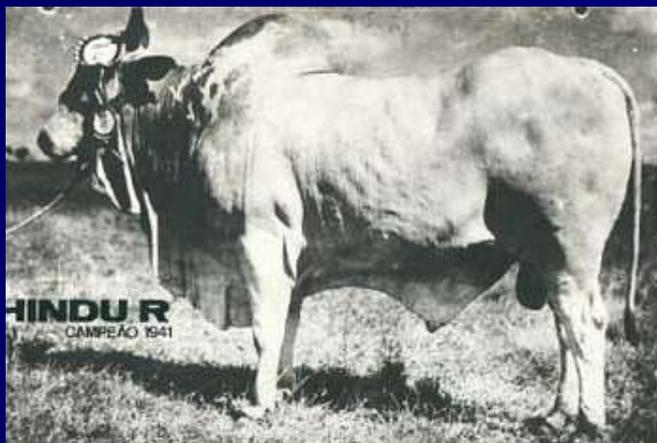
# Bovinos de corte

## ■ Programas de Melhoramento

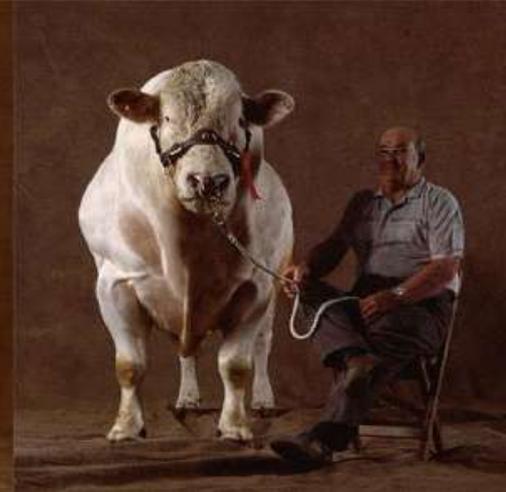
- IZ
- USP
- Associações de raça
- Criadores



# Nelore - Mudança



# Bovinos de corte (Belgian Blue)



# Bovinos de leite

- O Brasil apresenta programas de melhoramento, com teste de progênie, para as raças:
  - Gir Leiteiro, Girolando, Guzerá Leiteiro



# Bovinos de leite

- Recordista Mundial: Raça Holandesa
  - Skagvale Graceful Hattie
  - Record completed in October 1971
  - 2 ordenhas, 365 dias
  - 44.019 lbs = 19.996 kg/365 dias
  - Média 54 kg/dia



# Bovinos de leite

- Recordista Mundial: Raça Holandesa
  - Ever-Green-View My 1326-ET EX-92
  - 2010
  - 3 ordenhas, 365 dias
  - 72,170 pounds = 32,740 kg/365 dias
  - Média 89 kg/dia



# O futuro do melhoramento animal



- Utilização de tecnologias
  - Inseminação artificial
  - Transferência de embriões
  - Sêmen Sexado
  - Núcleos Moet
  - Mapeamento genômico e clonagem
  - Genômica Quantitativa

# O futuro do melhoramento animal

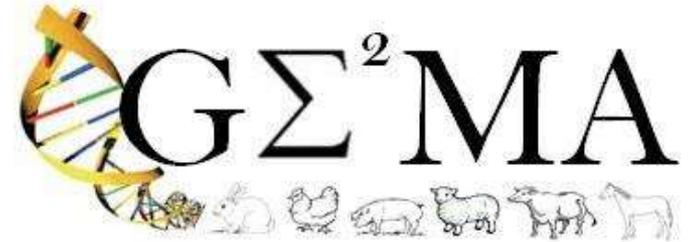


- Utilização de tecnologias
  - Custo/Benefício
  - Desenvolvimento de pesquisas
  - Desenvolvimento de programas de melhoramento bem elaborados

# Bibliografia

- **BOURDON, R.M.** *Understanding Animal Breeding*, 2<sup>a</sup> Ed., Prentice-Hall, 2000, 538 p.
- **ELER, J.P.** *Teorias e Métodos em Melhoramento Genético Animal II. Seleção*, FZEA, 2008, 210 p.
- **KINGHORN B. et al.** *Melhoramento Animal: Uso de novas tecnologias*. 1<sup>a</sup>. Ed., FEALQ, 2006, 367 p.
- **PEREIRA, J.C.C.** *Melhoramento genético aplicado à produção animal*. 4<sup>a</sup>. ed., FEPMVZ Editora, 2008, 555 p.

# Seleção p/ Estágio e IC



GRUPO DE ESTUDOS EM ESTATÍSTICA E

MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL

ESALQ - USP

Linhas de pesquisa do grupo, :

- Melhoramento genético de ovinos
- Melhoramento genético de bovinos leiteiros e de corte
- Ferramentas de bioestatística e bioinformática aplicadas à avaliação genética
- Seleção genômica e marcadores moleculares

Ao estagiário será oferecida a oportunidade de conduzir um projeto de iniciação científica, havendo a possibilidade de bolsa.

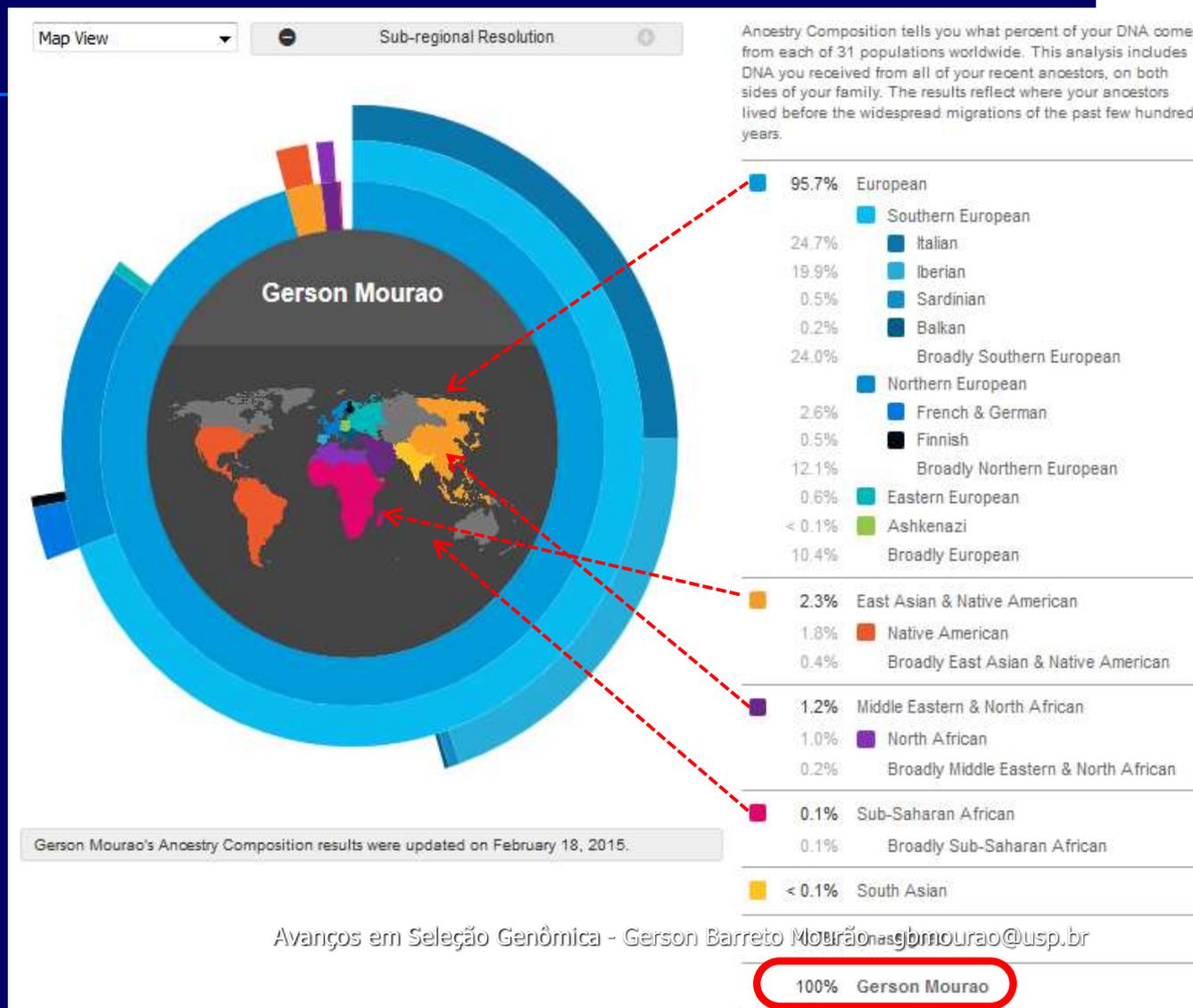
Para participar da seleção contínua, o candidato deverá enviar para [gema.esalq@gmail.com](mailto:gema.esalq@gmail.com), os seguintes documentos:

- Cópia do histórico escolar
- Currículo incluindo as atividades desenvolvidas durante a graduação

# Uma pequena diversão!



# Genômica Pessoal



# Uso destas informações

## Promethease Report

Version: 0.1.162

Generated: 2015-02-20 16:33

Infile: genome\_Gerson\_Mourao\_Full\_20150218213005.txt  
infile /tmp/tmp3xHX0K

Reference Population CEU

18527 genotypes annotated

[UI version 2](#) interactive report

Good news

[..more..](#)

Bad news

[..more..](#)

[Help](#) interpreting your results.

[Show Everything](#)

# Boas e más notícias

Promethease

gs144  
4 Magnitude  
20150107Geno time



Male Male.

**rs1799807(G;G)** **Homozygous for 'atypical' BuChE; see warning re drug (incl. anesthetic) use**

Bad Repute  
4 Magnitude  
5 CLNSIG  
0% Frequency  
0.008264 GMAF  
2 References  
BCHE Gene  
3 Chromosome  
165830741 Position  
4 Max Magnitude  
20150203 Rs time  
minus Stabilized  
minus Orientation

BCHE Cholinesterase Inhibitors EhlAvangos em Seleção Genômica - Gerson Barreto Mourão - gbmourao@usp.br

ClinVar Pathogenic Postanesthetic apnea BCHE

**Traduzindo: tenho uma variante genética negativa do butirilcolinesterase, que me confere probabilidade muito maior que a média populacional para apresentar problemas de respostas às drogas anestésicas! ;(**

# Boas notícias

Promethease

**rs1229984(G;G)**

Good	Repute
0	Magnitude
255	CLNSIG
100%	Frequency
0.2117	GMAF
32	References
ADH1B	Gene
4	Chromosome
99318162	Position
0	Max Magnitude
20150203	Rs time
minus	Stabilized
minus	Orientation

**normal; more frequent alcohol consumption...less...**

A SNP in rs1229984 encodes a form of the alcohol dehydrogenase ADH1B gene that significantly reduces the clearance rate of alcohol from the liver. This SNP is also known as Arg48His, with the (G) allele corresponding to the Arg and the (A) to the His. Known in the literature as ADH2\*2 or sometimes ADH1B\*2, the allele with increased activity (meaning more rapid oxidation of ethanol to acetaldehyde) is His48, encoded by rs1229984(A). Individuals with one or two ADH2\*2 alleles, ie genotypes rs1229984(A;G) or rs1229984(A;A) are more likely to find drinking un... have a somewhat reduced risk for alcoholism. A study of 3,800 cases of 'upper aerodigestive' cancers (mouth, voice box, and esophageal cancers) concluded that the rs1229984(A) allele (in dbSNP orientatio... more

Alcoholism Cancer Migraines Pharma DMET

ClinVar Other Alcohol dependence AERODIGESTIVE TRACT CANCER

***Traduzindo: meu fígado deve converter e metabolizar o álcool muito mais rapidamente e eficientemente, e menor chance de alcoolismo que a média da população! ;)***

# Obrigado!



**Gerson Barreto Mourão**

**Zootecnista, Dr.**

**Professor Departamento de Zootecnia - LZT**

**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ**

**Universidade de São Paulo – USP**

**[gbmourao@usp.br](mailto:gbmourao@usp.br)**