



Universidade Federal de Pelotas  
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel  
Programa de Pós Graduação em Zootecnia  
Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária



# Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows

J. B. Wheelock , R. P. Rhoads , M. J. VanBaale , S. R. Sanders , L. H. Baumgard

Jorge da Silva Franck  
Zootecnista

# Journal of Dairy Science®

Official Publication of the American Dairy Science Association®



Volume 98, Number 11

November 2015

ISSN: 0022-0302

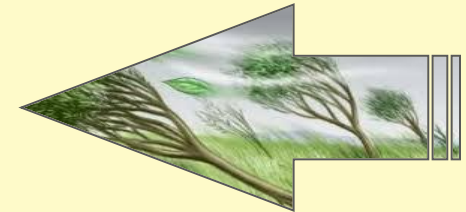


# Introdução - Estresse Térmico



# Introdução - Estresse Térmico

*“Força exercida pelos componentes do ambiente”*



# Termólise

Intensidade do agente estressor



Fenótipo do Animal

Raça ou Cruzamento

Pelagem

# Termólise



Mecanismo não Evaporativo  
Radiação, Condução e Convecção

Mecanismo Evaporativo  
Evaporação e Transpiração

# Introdução - Prejuízos causado por estresse calórico

Decréscimo na IMS – 6 á 30%

**-894kg/Vaca/  
Ano**



**-1803kg/Vaca/  
Ano**



Decréscimo na produção de leite 15 á 20%

Decréscimo na eficiência reprodutiva – 40 á 50%

**+ 59,2 dias IPC  
+ 7,9%descarte**



Aumento na mortalidade , incidência e  
severidade de mastite

**Mortalidade  
+ 1,79 %**



-894kg/Vaca/

# Doenças metabólicas

Alcalose respiratória, Acidose metabólica e BEN

Mortalidade

+ 1,79 %

Aumento na mortalidade , incidência e severidade de mastite



# Introdução

## Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Temperature		% Relative Humidity														
°F	°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
72	22.0	64	65	65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70
73	23.0	65	65	66	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71
74	23.5	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71
75	24.0	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72
76	24.5	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73
77	25.0	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74
78	25.5	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75
79	26.0	67	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76
80	26.5	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76
81	27.0	68	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77
82	28.0	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78
83	28.5	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79
84	29.0	70	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80
85	29.5	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81
86	30.0	71	71	72	73	74	74	75	76	77	77	78	78	79	80	81
87	30.5	71	72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82
88	31.0	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83
89	31.5	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84
90	32.0	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85
91	33.0	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
92	33.5	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86
93	34.0	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	85	85	86	87
94	34.5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	86	86	87	88
95	35.0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89

Limite do estresse: Frequência de respiração excede 60 BPM. Perdas reprodutivas detectáveis. Temperatura retal excede 38,5° C.

**Perdas de rendimento de leite – 0,283 kg/ h**

Estresse médio-moderado: Frequência de respiração excede 75 BPM. Temperatura retal excede 39° C.

**Perdas de rendimento de leite – 0,303 kg/ h**

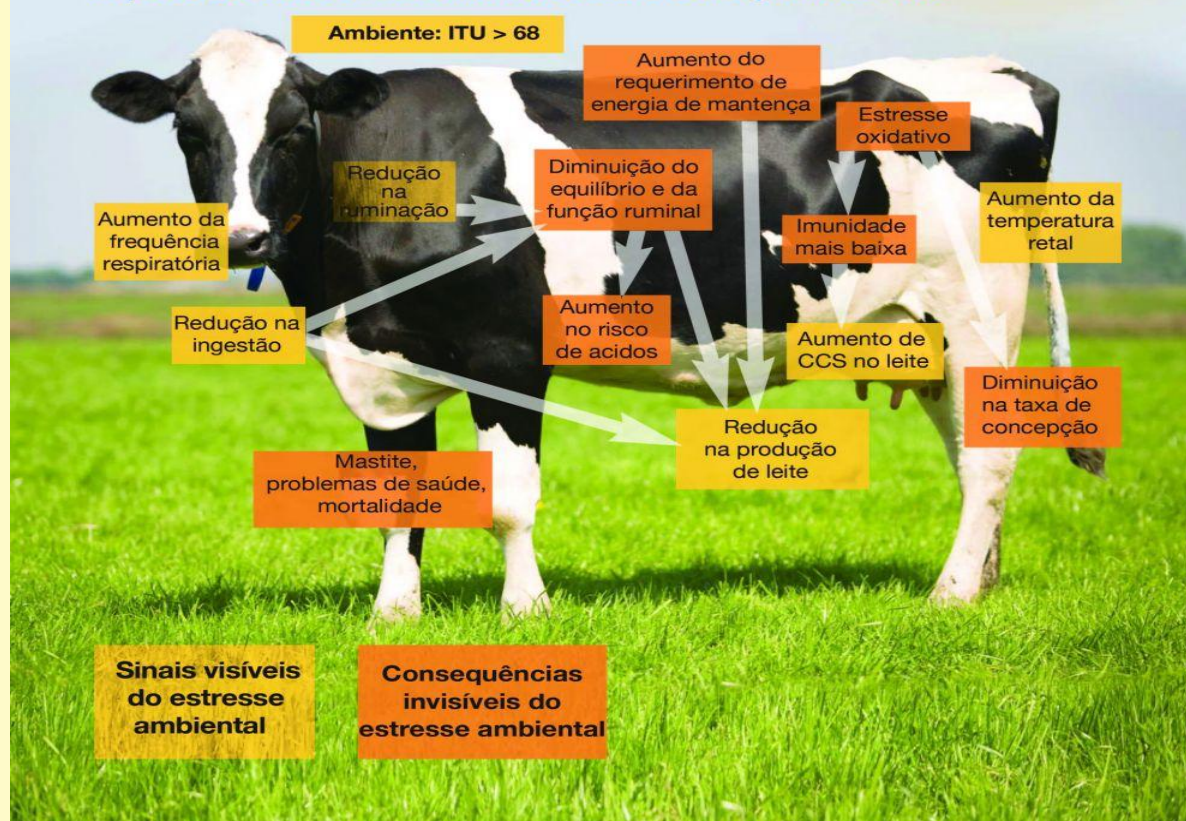
Estresse moderado-severo: Frequência de respiração excede 85 BPM. Temperatura retal excede 40° C.

**Perdas de rendimento de leite – 0,322 kg/ h**

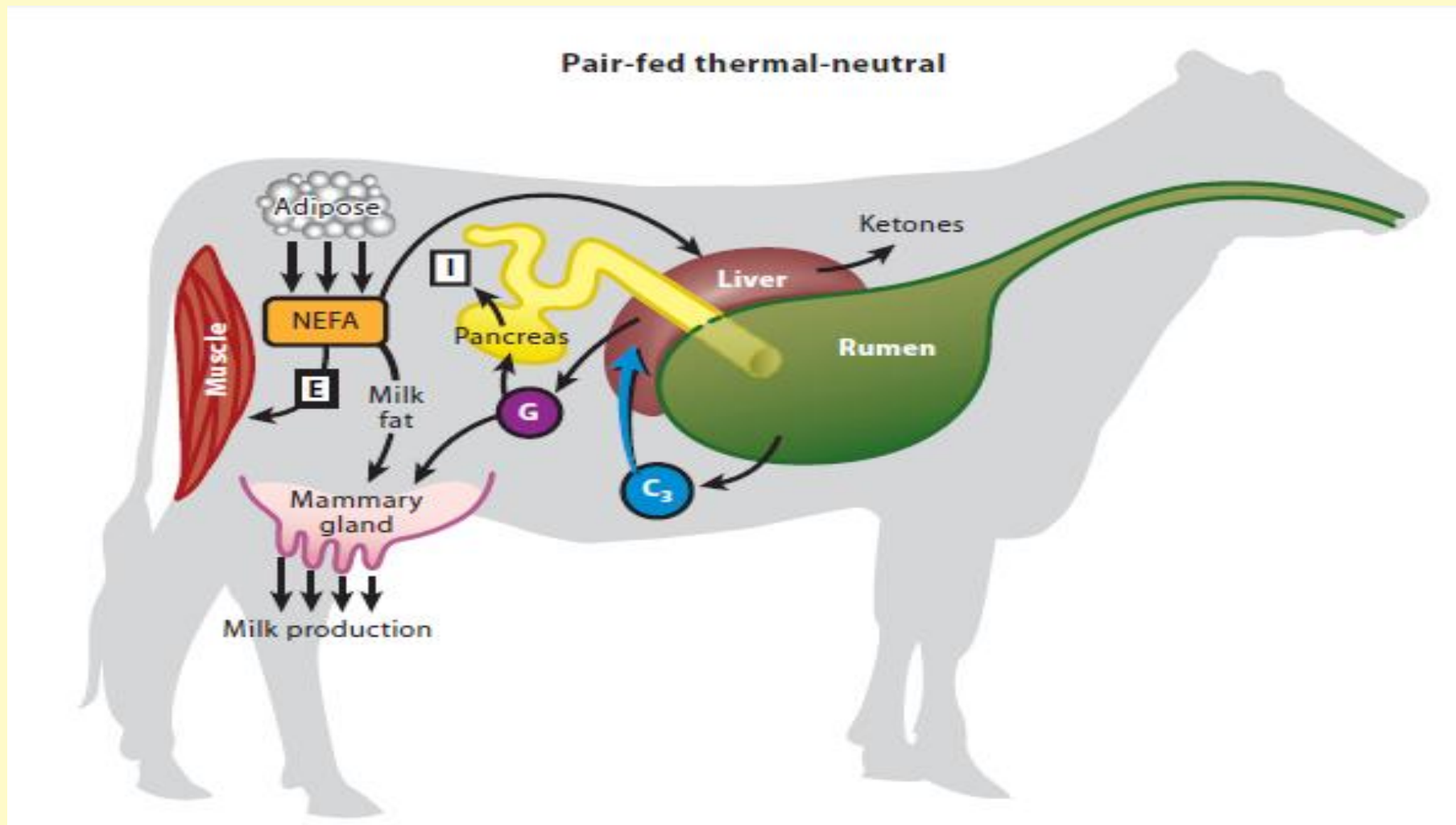
# Introdução

## Não deixe o estresse ambiental reduzir o desempenho

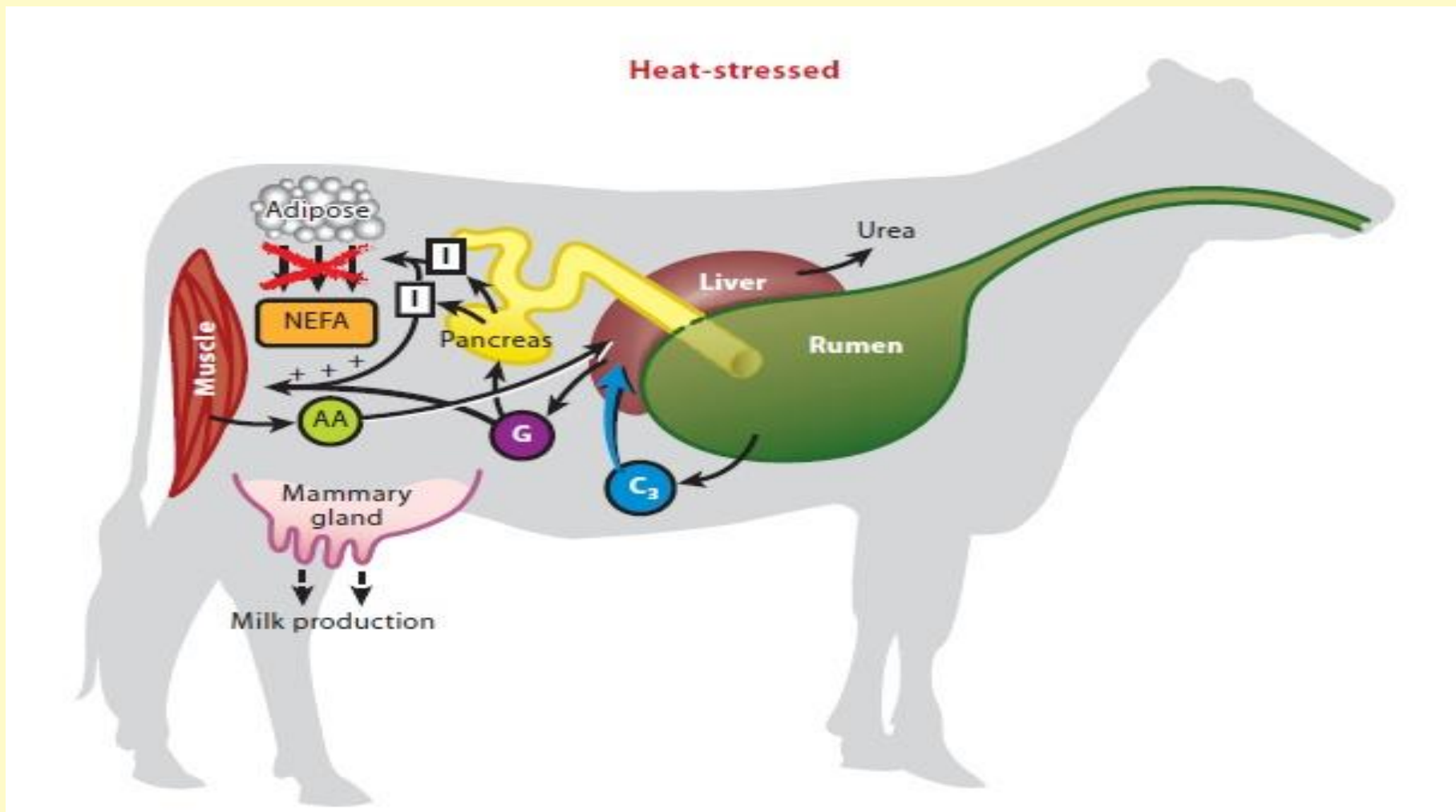
Impacto do estresse ambiental nos Sinais e desempenho da vaca



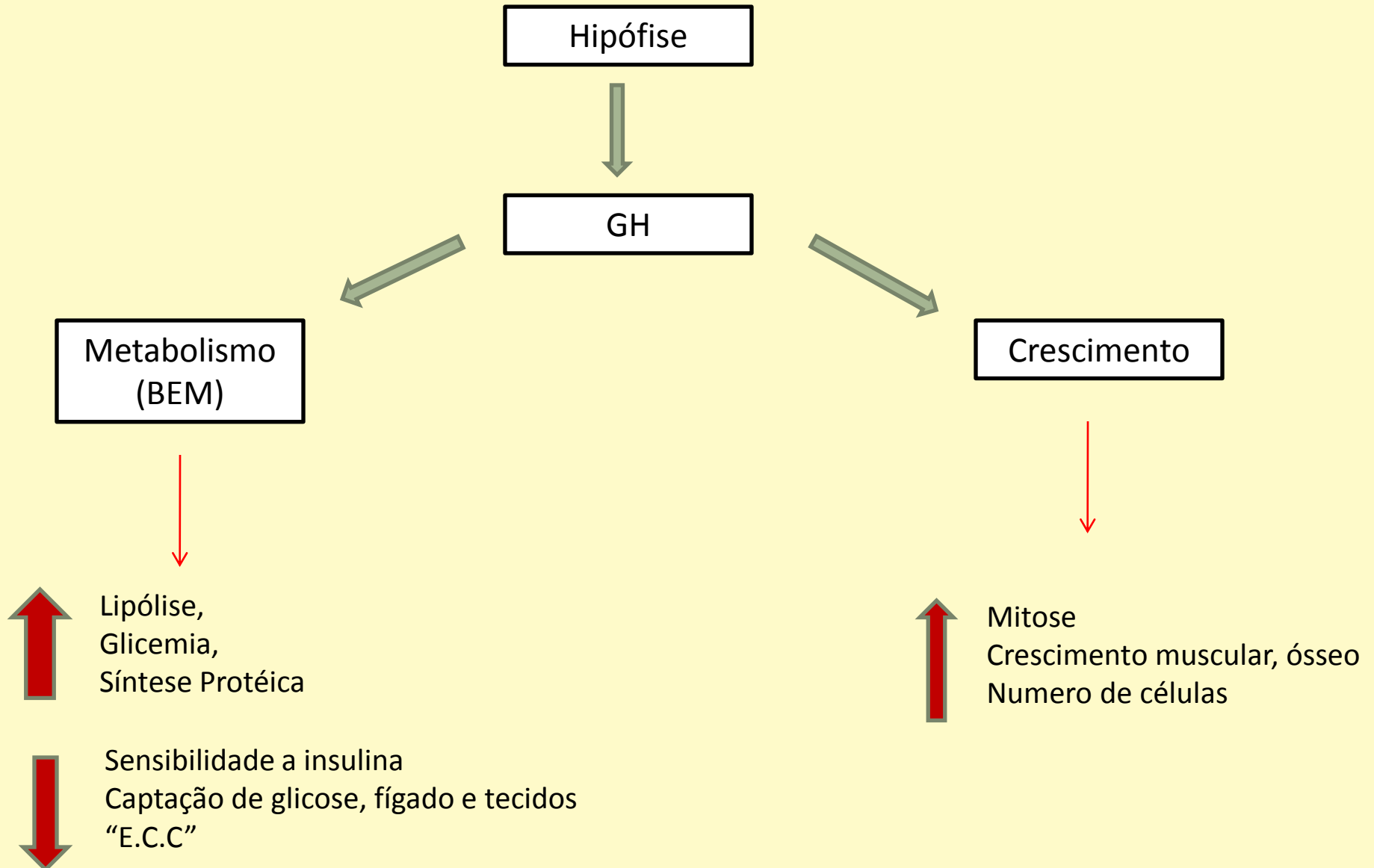
# Balanço Energético Negativo (BEN)



# Balanço Energético Negativo (BEN)



# Somatotropina (rbST)



# Objetivo

Caracterizar

Parâmetros  
Energéticos

Parâmetros  
Metabólicos

Somatotropina  
(rbST)

Avaliar  
Metabolismo basal  
-homeostase da  
Glicose

Metabolismo  
Lipídios

Eliminando os efeitos de confundimento da ingestão de nutrientes

# Metodologia



# Metodologia



✓ Complexo de Pesquisa Agrícola  
Willian J. Parker da Universidade do  
Arizona

✓ Câmara térmica

✓ 22 vacas da raça Holandês  
( $99,8 \pm 20,2$  DEL;  $655 \pm 63$  kg de PV)

✓ Sistema tie-stall



# Metodologia



**Pair**

**Feeding**

# Metodologia

P1

Em condição termo-neutralidade e consumo ad libitum

[20 °C, 20% de UR / (ITU) = 64 e ciclo de 12 - 12 h de luz e escuro.

P2

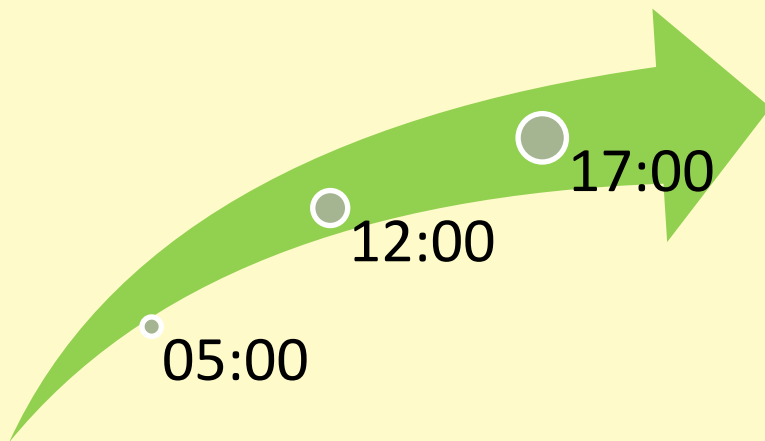
Em condição de estresse por calor(HS) e consumo de ração ad libitum ou sendo alimentadas em pares (PF) em condição termo-neutro

Vacas SH, P2 e P3 - temperatura cíclica 29,4 a 38,9 ° C (20% de UR, THI = 72,4 - 82,2 e ciclo de 12 - 12 h de luz e escuro

P3

Condições idênticas ao P2, com administração de Somatotropina (rbST)

# Metodologia – Dieta



Feno de alfafa  
Milho em floculado  
Caroço de algodão  
A polpa de beterraba  
Melaço  
Gordura protegida

A dieta foi formulado para atender ou exceder os requisitos previstos (NRC, 2001).

# Metodologia

## Freqüência respiratória

- Visual/Movimentos/mim
- 4 x/dia (06:00, 10:00, 14:00, e 18:00 h)

## Temperatura retal

- Termômetro digital
- 4 x dia (06:00, 10:00, 14:00, e 18:00 h)

## Ordenha

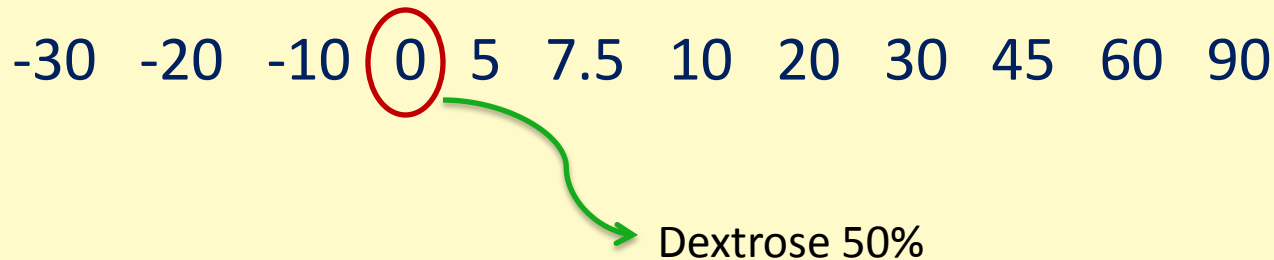
- 2 x dia (05:00 e 17:00)/ Registro produção e composição
- Coleta de leite ao fim de cada Período (D7,14 e 21)

## Peso corporal

- Dia 4 de cada período/ pós ordenha
- Para calcular balanço energético líquido

# Metodologia – Coleta de sangue

## Teste de Tolerância a Glicose (TTG)



Amostras  
diárias

Uréia e Nitrogênio Plasmático (PUN)

Ácidos Graxos Não Esterificado (AGNE)

Glicose

Insulina

# Análise Estatística

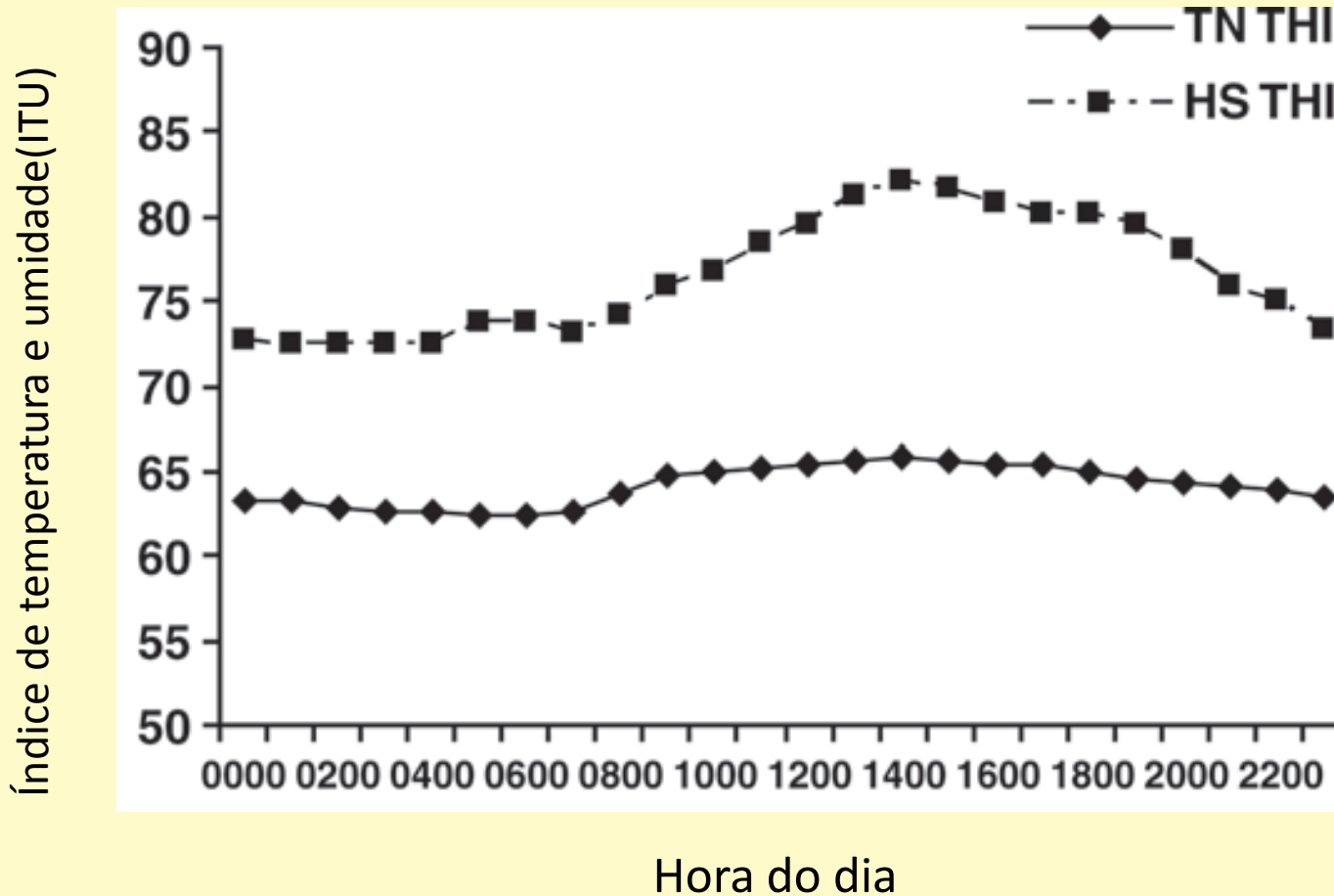
Além disso, dentro de P2 e P3, as vacas SH (grupo 2) foram testados contra as vacas PF (grupo 1), usando o respectivo valor P1 como co-variável.

Efeitos do grupo, período, e sua interação foram avaliados em um delineamento inteiramente casualizado, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.1, Instituto SAS Inc., Cary, NC).

As respostas de glicose e de insulina para o GTT foram medidas como a área sob a curva (AUC)

# Resultados – Discussão (Índice de ITU)

Figura 1: Medias diurnas de Índice de temperatura e umidade (ITU) em condições de termo-neutralidade (TN) e Estresse Térmico (HS).



# Resultados – Discussão (Índice de ITU)

**Tabela . Efeitos da alimentação em par(PF) ou estresse térmico(HS) e administração bST recombinante sobre temperatura retal e freqüência respiratória em vacas holandesas**

	Perido 1		Perido 2		Perido 3		SEM	Valor de P		
	Grupo 1 (TN)	Grupo 2 (TN)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)		Grupo	Perido	Grupo X Perido
<b>Retal c°</b>										
06:00 h	38,38 <sup>a,x</sup>	38,28 <sup>a,x</sup>	38,19 <sup>b,x</sup>	39,47 <sup>b,y</sup>	38,44 <sup>c,x</sup>	39,88 <sup>c,z</sup>	0,09	<0,01	<0,01	<0,01
10:00 h	38,27 <sup>a,x</sup>	38,37 <sup>a,x</sup>	38,38 <sup>b,x</sup>	39,56 <sup>b,y</sup>	38,54 <sup>c,x</sup>	40,02 <sup>c,z</sup>	0,10	<0,01	<0,01	<0,01
14:00 h	38,56 <sup>a,x</sup>	38,58 <sup>a,x</sup>	38,35 <sup>b,y</sup>	40,43 <sup>b,z</sup>	38,38 <sup>b,y</sup>	40,55 <sup>b,z</sup>	0,08	<0,01	<0,01	<0,01
18:00 h	38,46 <sup>a,x</sup>	38,51 <sup>a,x</sup>	38,52 <sup>b,x</sup>	40,55 <sup>b,y</sup>	38,55 <sup>b,x</sup>	40,8 <sup>b,z</sup>	0,08	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Mov/mim</b>										
06:00 h	46,5 <sup>a,x</sup>	36,6 <sup>a,y</sup>	34,7 <sup>b,y</sup>	73,0 <sup>b,z</sup>	32 <sup>b,y</sup>	72,37 <sup>b,z</sup>	2,2	<0,01	<0,01	<0,01
10:00 h	46,5 <sup>a,x</sup>	43,5 <sup>a,x</sup>	40,3 <sup>b,y</sup>	74,6 <sup>b,z</sup>	40 <sup>b,y</sup>	78,2 <sup>b,z</sup>	2,0	<0,01	<0,01	<0,01
14:00 h	45,4 <sup>a,x</sup>	44,3 <sup>a,x</sup>	38,0 <sup>b,y</sup>	80,2 <sup>b,z</sup>	39,1 <sup>b,y</sup>	87,3 <sup>b,z</sup>	1,8	<0,01	<0,01	<0,01
18:00 h	43,8 <sup>a,x</sup>	40,9 <sup>a,x</sup>	38,6 <sup>b,x</sup>	82,2 <sup>b,z</sup>	39,1 <sup>b,y</sup>	84,5 <sup>b,z</sup>	2,2	<0,01	<0,01	<0,01

a-c Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotam diferenças (P <0,05) entre os períodos.

x-z Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotar grupo × interações período (P <0,05).



## Resultados – Discussão (Índice de ITU)

O pequeno aumento na temperatura retal durante P3 (em comparação com P2) foi provavelmente causado por rbST, porque as temperaturas retais não aumentou com o tempo em nossas outras experiências (Rhoads et al, 2009;.. Shwartz et al, 2009)

Embora as comparações entre os estudos deve ser feita com precaução, em experimentos anteriores indicam que as vacas tratadas com rbST permanecem eutermica devido ao aumento da dissipação de calor (Manalu et al., 1991)

Independentemente disso, o aumento é provavelmente o resultado de processos envolvidos com a síntese de leite extra e seria de interesse para determinar se há uma defasagem (semelhante a DMI) na transpiração estimulada por rbST (Manalu et al., 1991).

# Resultados – Discussão (IMS e Produção leiteira)

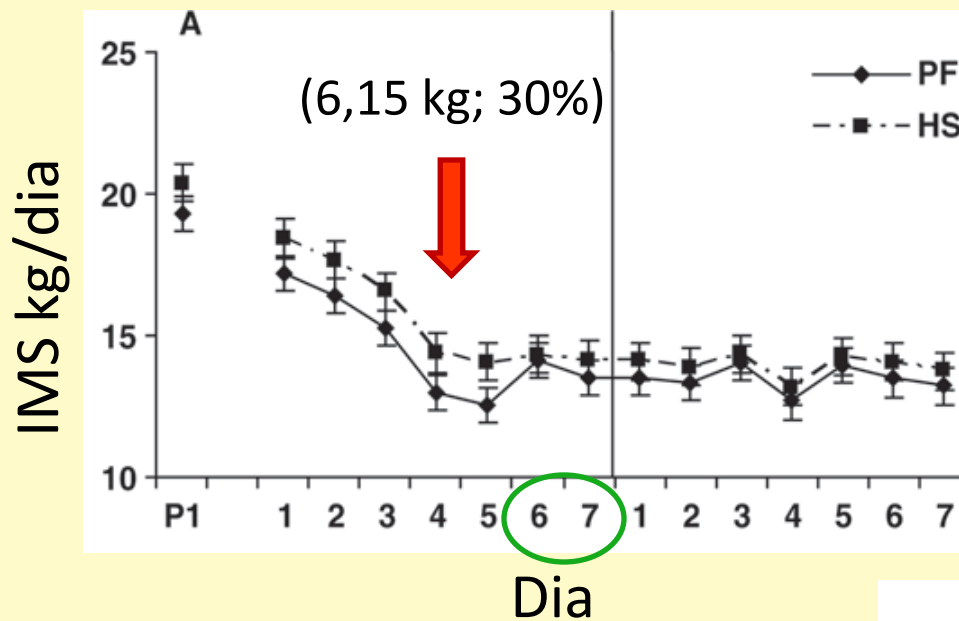
**Tabela 2. Efeitos do alimentação em par (PF) ou estresse térmico (HS) e administração bST recombinante sobre parâmetros de produção em vacas holandesas.**

	Perido 1		Perido 2		Perido 3		SEM	Valor de P		
	Grupo 1 (TN)	Grupo 2 (TN)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)		Grupo	Perido	Grupo X Perido
IMS KG/d	19,9 <sup>a</sup>	20,39 <sup>a</sup>	13,8 <sup>b</sup>	14,26 <sup>b</sup>	12,99 <sup>b</sup>	14,06 <sup>b</sup>	0,50	0,03	<0,01	0,78
Leite kg/d	31,36 <sup>a,x</sup>	34,74 <sup>a,x</sup>	26,57 <sup>b,y</sup>	25,18 <sup>b,y</sup>	30,84 <sup>c,x</sup>	27,62 <sup>c,y</sup>	0,91	0,58	<0,01	<0,01
Sólidos %										
Gordura	3,31	3,44	3,50	4,04	3,42	3,65	0,18	0,05	0,11	0,50
Proteína	2,8 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,64 <sup>b</sup>	2,53 <sup>b</sup>	2,64 <sup>c</sup>	2,71 <sup>c</sup>	0,04	0,75	<0,01	0,15
Lactose	4,76 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,63 <sup>b</sup>	4,71 <sup>b</sup>	4,64 <sup>b</sup>	4,71 <sup>b</sup>	0,07	0,08	0,03	0,84
CSS	189,00	29,00	159,00	30,00	145,00	30,00	46,00	<0,01	0,90	0,88

a-c Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotam diferenças (P <0,05) entre os períodos.

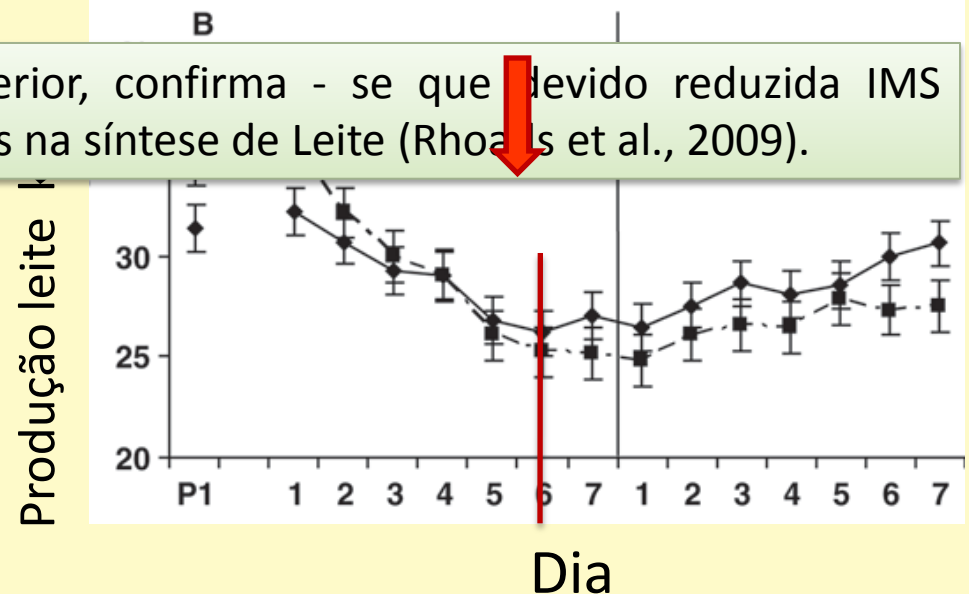
x-z Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotar grupo × interações período (P <0,05).

# Resultados – Discussão (IMS e Produção leiteira)



G 1- 4,79 kg (13,9%)  
G 2- 29,56 kg (27,6%)

De acordo com trabalhos anterior, confirma - se que devido reduzida IMS responde apenas 50% da perdas na síntese de Leite (Rhoals et al., 2009).



# Resultados – Discussão (IMS e Produção leiteira)

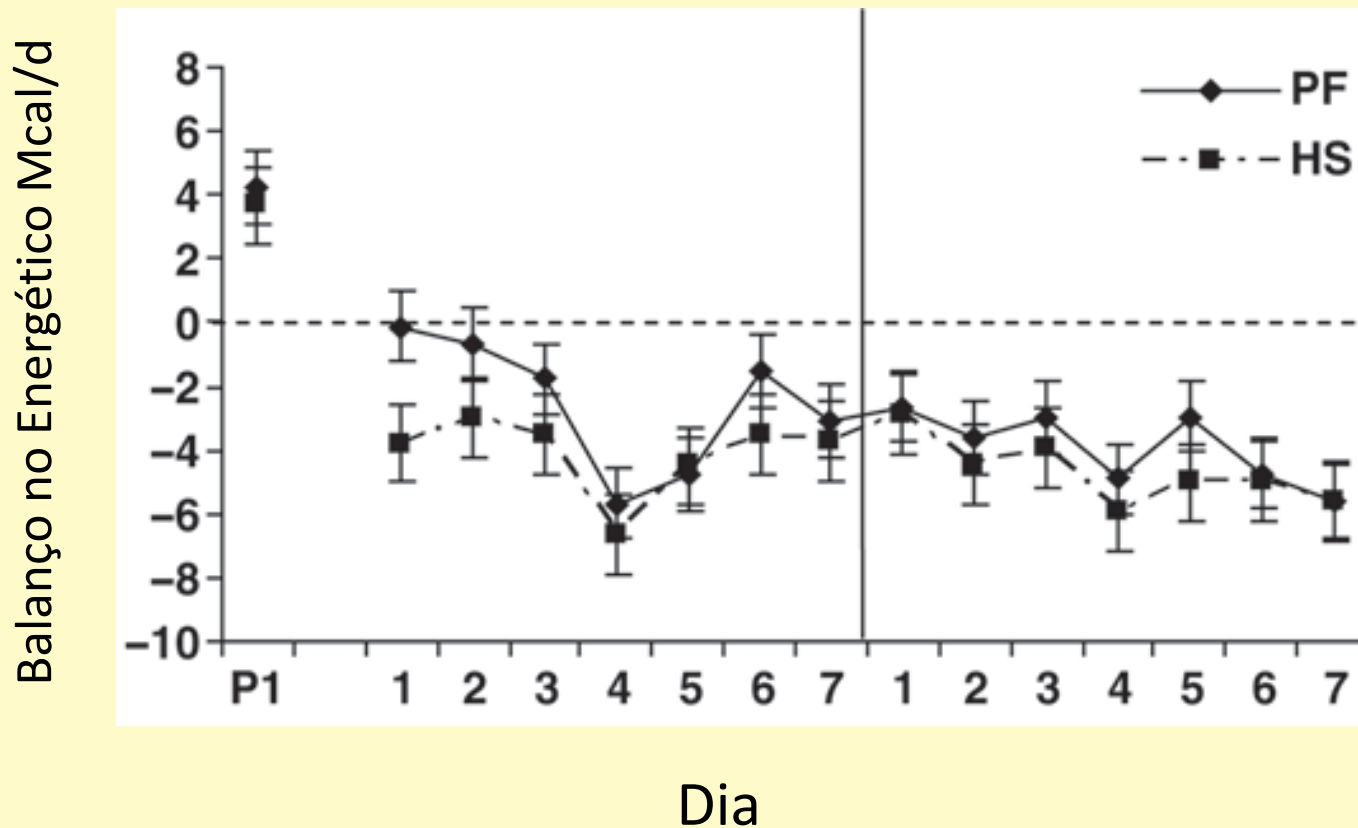
Como ambos PF e HS receberam rbST durante P3, nosso projeto experimental nos impede de eliminar aclimatação como causa para o aumento na síntese de leite.

No entanto, a nossa experiência anterior ambiental utilizado um padrão de carga de calor semelhante para 21 d e resultados indicaram que a produção de leite diminuiu gradualmente, mas continuamente durante todo o experimento (Shwartz et al., 2009).

Isso, juntamente com o fato de que, nem variáveis de temperatura corporal nem IMS foi adaptado durante P3, sugere fortemente que o aumento na produção de leite durante o P3 foi o resultado da administração rbST.

# Resultados – Discussão

Figura 2. Os efeitos do estresse calórico (HS) ou alimentação em par (PF) e bST recombinante no balanço energético calculado em vacas em lactação.



# Resultados – Discussão

Presume-se que os animais estressados pelo calor ter aumento requisitos de manutenção, se deve a um maior gasto de energia para a perda de calor através da respiração ofegante e sudação (Fuquay, 1981; Beede e Collier, 1986).

Comparado com P1, ambos os grupos de vacas ( $P < 0,01$ ) perderam quantidades semelhantes (47,7 kg) de peso corporal médio no d 4 de P3.

Durante a P3, a BEN em ambos os grupos tornou-se mais grave devido a um aumento induzido por rbST na produção de leite sem um aumento correspondente em DMI.

# Resultados – Discussão (Glicose, AGNE, PUN, Insulina)

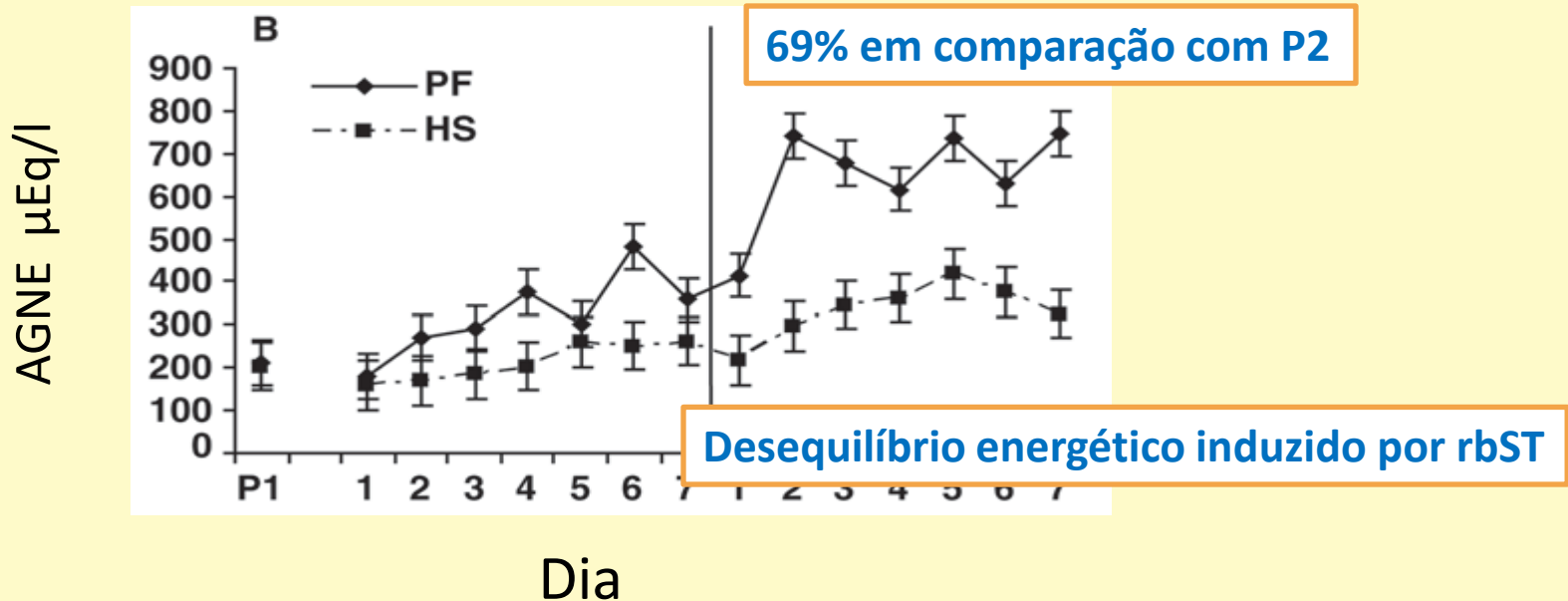
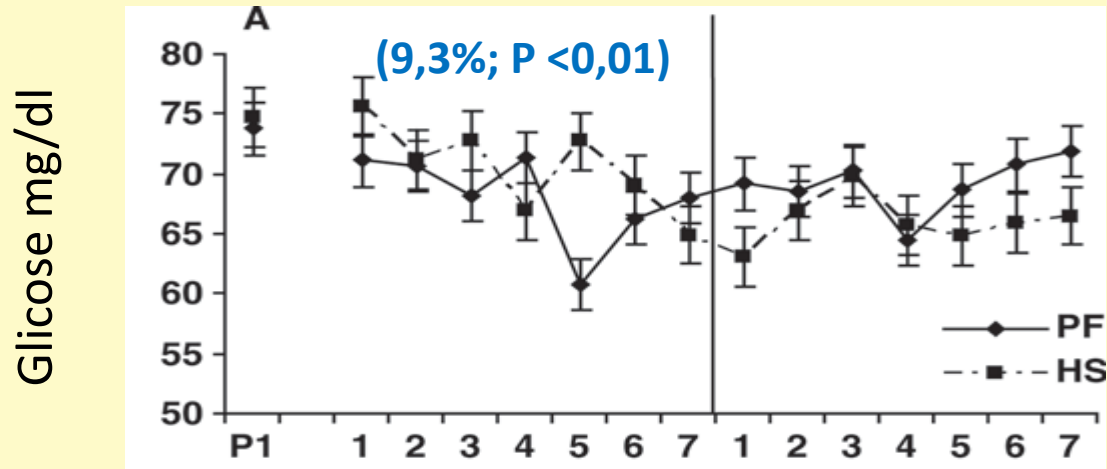
**Tabela 3. Efeitos da alimentação em par(PF) ou estresse térmico(HS) e administração bST recombinante sobre variáveis metabólicas de vacas holandesas.**

	Período 1		Período 2		Período 3		SEM	Valor de P		
	Grupo 1 (TN)	Grupo 2 (TN)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)		Grupo	Perido	Grupo X Perido
GLICOSE mg/dL	73,8 <sup>a</sup>	74,7 <sup>a</sup>	66,9 <sup>b</sup>	67,7 <sup>b</sup>	70,6 <sup>b</sup>	68,2 <sup>b</sup>	1,80	0,89	<0,01	0,56
AGNE $\mu$ Eq/L	210 <sup>a,x</sup>	203,5 <sup>a,x</sup>	425,1 <sup>b,y</sup>	260,7 <sup>b,x</sup>	716,8 <sup>c,z</sup>	298,3 <sup>c,x</sup>	46,70	<0,01	<0,01	<0,01
PUN mg/mL	7,76 <sup>a,w</sup>	8,25 <sup>a,w</sup>	10,56 <sup>b,x</sup>	14,09 <sup>b,z</sup>	9,58 <sup>c,x</sup>	10,84 <sup>x,y</sup>	0,40	<0,01	<0,01	<0,01
INSULINA ng/mL	0,53 <sup>a,x</sup>	0,55 <sup>a,x</sup>	0,44 <sup>ab,x</sup>	0,7 <sup>ab,y</sup>	0,53 <sup>b,x</sup>	0,78 <sup>b,y</sup>	0,05	<0,01	0,05	0,02

a-c Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotam diferenças (P <0,05) entre os períodos.

x-z Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotam interações grupo  $\times$  período (P <0,05).

# Resultados – Discussão (Glicose, AGNE)





## Resultados – Discussão (Glicose, AGNE)

Vacas em um plano reduzido de nutrição alteram o metabolismo através de mecanismos da homeostase para suportar o estado fisiológico dominante da lactação, e mobilização de lipídios do tecido adiposo em glicose livre é uma dessas adaptações clássicas (Bauman e Currie, 1980).

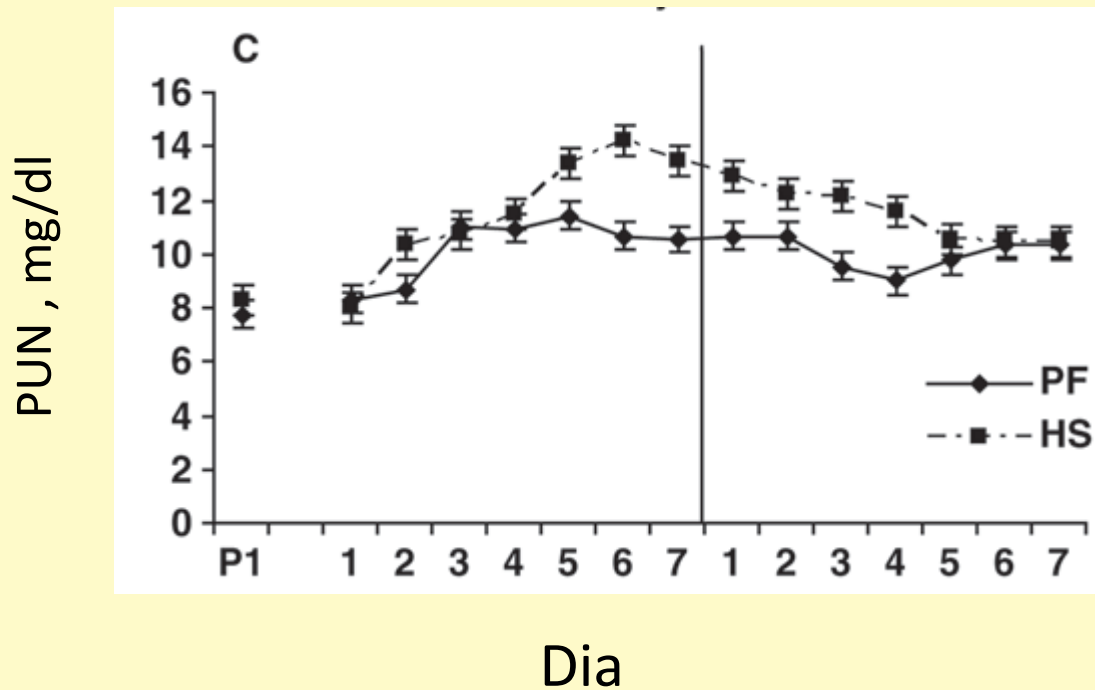
Em contrapartida, apesar da reduzida DMI e BEN, vacas em condições de estresse térmico(HS) durante P2 não têm um aumento no plasma AGNE, que concorda com as nossas recentes experiências de estresse de calor (Rhoads et al, 2009;.. Shwartz et al, 2009).

Durante P3, as vacas PF apresentaram um aumento acentuado (69% em comparação com P2) no plasma AGNE consistente com desequilíbrio energético induzido por rbST.

Especula-se que este é um mecanismo natural e evolutiva de sobreviver a uma carga de calor porque a  $\beta$ -oxidação de AGNE, pode produzir mais calor metabólico do que a de hidratos de carbono (Baumgard e Rhoads, 2007).

# Resultados – Discussão (PUN)

Figura C. Níveis de Uréia e Nitrogênio plasmático.



## Resultados – Discussão (PUN)

Além de tecido adiposo, proteína do músculo esquelético também é mobilizada durante períodos de ingestão inadequada de nutrientes para suportar a lactação (Bell, 1995).

Em comparação com P1, durante P2 as vacas tiveram um aumento de 36%, enquanto que as vacas do HS teve um aumento de 71% nos níveis de PUN.

Nitrogênio da uréia plasmática podem se originar de, pelo menos, 2 fontes: ineficiência do rúmen transformação amônia em proteína microbiana, ou desaminação hepática de Aa mobilizados a partir do músculo esquelético.

# Resultados – Discussão

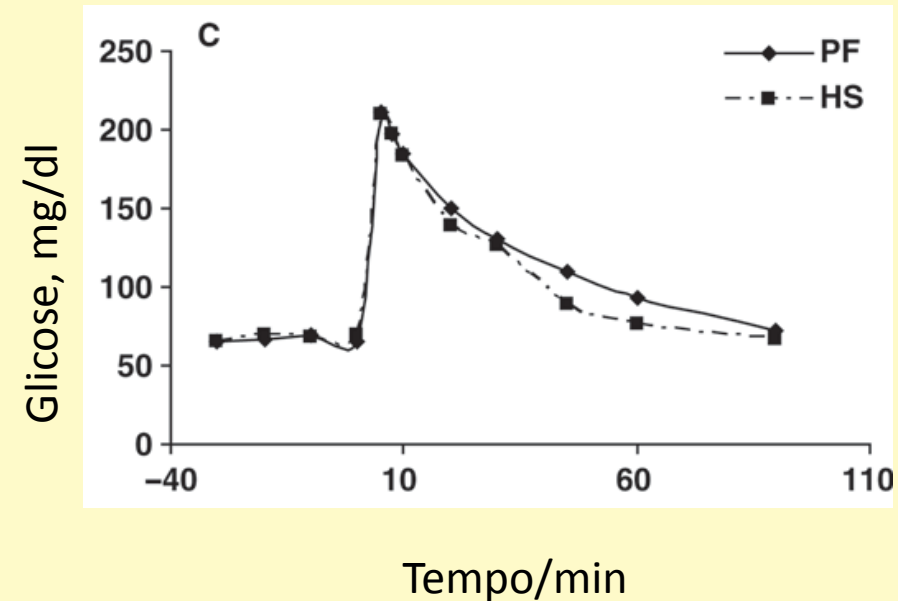
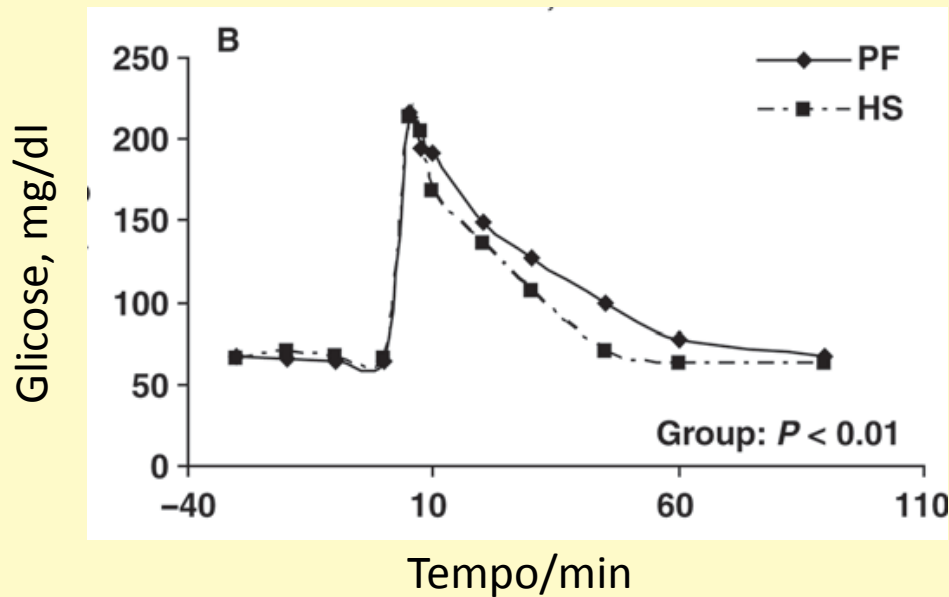
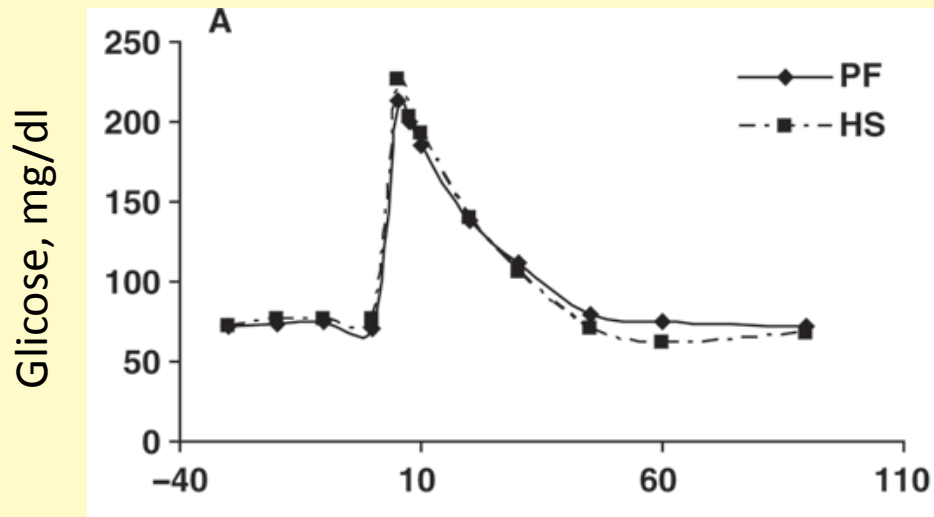
Tabela 5. Efeitos da par -fed ou estresse térmico e administração bST recombinante sobre parâmetros de produção em vacas holandesas

	Período 1		Período 2		Período 3		SEM	Valor de P		
	Grupo 1 (TN)	Grupo 2 (TN)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)	Grupo 1 (PF)	Grupo 2 (HS)		Grupo	Período	Grupo X Período
<b>Glicose</b>										
Basal, mg/dL	73 <sup>a</sup>	75,3 <sup>a</sup>	65,1 <sup>b</sup>	67,3 <sup>b</sup>	66,3 <sup>b</sup>	68,2 <sup>b</sup>	1,70	0,13	<0,01	0,99
AUC,2 mg × dL × min	2,773 <sup>a</sup>	2,345 <sup>a</sup>	3,869 <sup>b</sup>	2,668 <sup>b</sup>	4,46 <sup>c</sup>	3,375 <sup>c</sup>	273,00	<0,01	<0,01	0,33
<b>Insulin</b>										
Basal, ng/mL	0,55 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,78 <sup>b</sup>	0,08	0,04	0,04	0,33
AUC,2 ng × mL × min	111 <sup>a,x</sup>	116 <sup>a,x</sup>	0,69 <sup>a,y</sup>	119 <sup>a,x</sup>	121 <sup>b,x</sup>	206 <sup>b,y</sup>	15	<0,01	<0,01	0,04

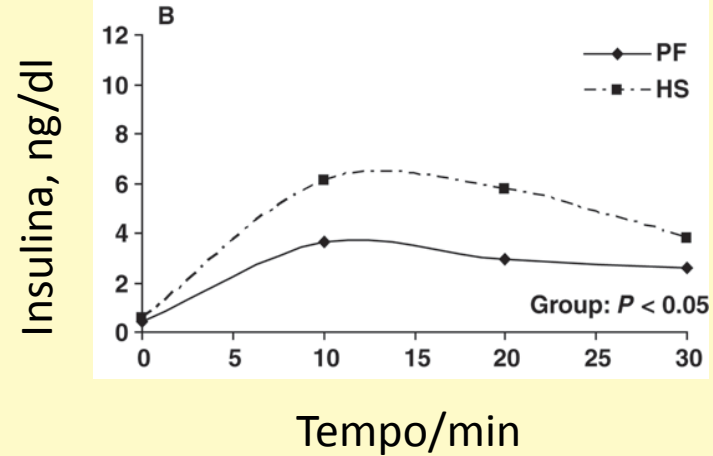
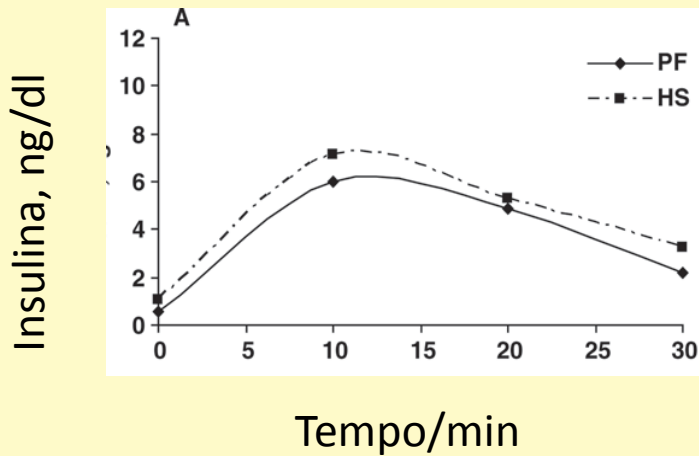
a-c Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotam diferenças (P <0,05) entre os períodos.

x-z Valores dentro de uma linha com diferentes sobrescritos denotar grupo × interações período (P <0,05).

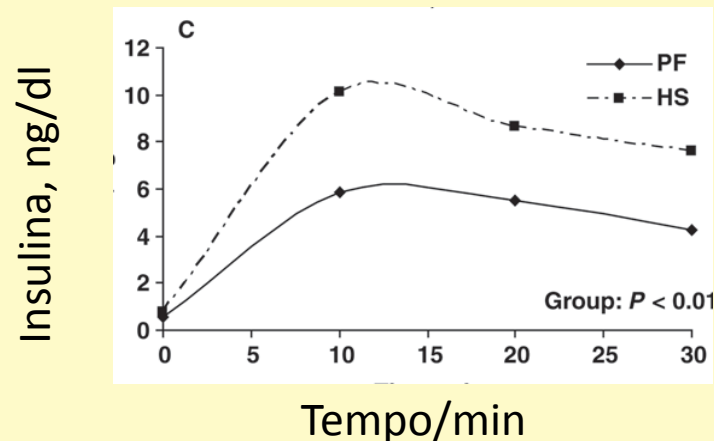
# Resultados – Teste de tolerância a glicose (TTG)



# Resultados – Insulina



O aumento dos níveis basais de insulina pode explicar a falta de um aumento nos níveis basais de AGNE em vacas HS porque a insulina é uma potente hormônio antilipolítico (Vernon, 1992).



# Conclusão

Compreender os mecanismos pelos quais causas hipertermia induzida ambientalmente diminuição da produção e põe em risco a saúde animal irá fornecer uma visão para o desenvolvimento de novas estratégias para melhorar o impacto econômico de estresse por calor.

Este estudo confirma pesquisas anteriores e demonstra claramente que um plano nutricional reduzido é responsável por apenas cerca de 50% da redução na síntese de leite durante o estresse térmico e que mudanças no metabolismo pós-absortivo podem ser responsáveis por uma grande parte do restante.

Por conseguinte, os mecanismos normais poupadores de glicose empregadas pelos animais em termo-neutralidade para maximizar a produção de leite durante os períodos de insuficiência de nutrientes não podem ser implantada por vacas hipertermicas.

# Trabalho NUPEEC - rbST

Efeito da somatotropina recombinante bovina (rbST) sobre os níveis de marcadores metabólicos de touros semiconfinados das raças Aberdeen Angus e Brangus

*Marcelo Brandi Vieira, Vinícius Coitinho Tabeleão, Elizabeth Schwegler, Maikel Alan Goulart, Viviane Rohrig Rabassa, Augusto Schneider, Francisco Augusto Burket del Pino, Víctor Fernando Buttow Roll, Carlos Eduardo Wayne Nogueira, Marcio Nunes Corrêa*

Efeitos da restrição alimentar e administração de somatotropina recombinante bovina nos parâmetros plasmáticos de novilhas da raça Holandês durante o período pré-parto

Maikel Alan Goulart, Augusto Schneider, Marina Menoncin Weschenfelder, Eduardo Schmitt, Rogério Fôlha Bermudes, Lucas Teixeira Hax, Paula Montagner, Rodrigo Azambuja, Francisco Augusto Burkert Del Pino & Marcio Nunes Corrêa



# Trabalho NUPEEC – ESTRESSE TÉRMICO

*Efeito da suplementação de gordura no comportamento alimentar, produção de leite e saúde de vacas leiteiras Girolando à pasto expostas a altas temperaturas e umidade*

Projeto coordenado Dr. Eduardo Schmitt (Embrapa Rondonia)

*Suplementação comercial e seu reflexo no desempenho produtivo, variáveis fisiológicas e comportamento de vacas da raça holandesa sobre estresse térmico*

Projeto mestrado Jorge da silva Franck

Orientador: Dr. Francisco Augusto Burket Del Pino

Co-orientador: Dr. Eduardo Schmitt



***Muito Obrigado!***