

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS COM  
ELEVADO PESO DE ABATE**

**Alessandro Luís Fraga  
Médico Veterinário**

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS COM  
ELEVADO PESO DE ABATE**

**Alessandro Luís Fraga**

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz**

**Co-orientador: Prof. Dr. Rodolfo Nascimento Kronka**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia (Nutrição e Alimentação Animal).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL**

**Outubro de 2005**

F811r Fraga, Alessandro Luís  
Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate / Alessandro Luís Fraga. -- Jaboticabal, 2005  
xiii, 94 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2005  
Orientadora: Maria Cristina Thomaz  
Banca examinadora: Caio Abércio da Silva, Ivan Moreira, Jacinta Diva Ferrugem Gomes, Vera Maria Barbosa de Moraes  
Bibliografia

1. Suínos. 2. Carcaça. 3. Restrição alimentar. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.4:646.084.42

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ALESSANDRO LUÍS FRAGA** – nasceu em Marília/SP, aos 11 dias do mês de julho de 1974. Gradou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual de Londrina em 1998. Trabalhou junto à Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto no ano de 1999. Iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá em 2000, tornando-se Mestre no ano de 2002. Iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, no ano de 2002. Tomou posse do cargo de Pesquisador Científico do Pólo Regional do Desenvolvimento dos Agronegócios do Centro Norte - Unidade Pindorama / Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA / Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

*“Não concordo com o que dizes, mas lutarei até a morte pelo teu direito a dizê-lo.”*

*Voltaire, filósofo francês*

À minha família: meus pais, Luiz e Elza;  
irmãos, Evandro e Márcia; cunhados Rubens e  
Valéria; sobrinhas, Lorena e Letícia. Ponto de  
partida e de apoio dessa caminhada;

À minha família Silva Helena, esposa, amiga,  
companheira, profissional, estudante... Que se soma  
a mim, tornando-nos um;

Às pessoas que acreditam e exercitam  
o respeito à vida em todo o planeta.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela nossa propriedade de aprender e comunicar;

Aos meus pais, apoiando e possibilitando a realização dessa etapa;

À Silvia, minha esposa, que caminhou ao meu lado durante toda a jornada;

Aos meus irmãos, cunhados e sobrinhas;

À UNESP e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia;

À orientadora Maria Cristina Thomaz e ao co-orientador Rodolfo Nascimento Kronka, que contribuíram e contribuem não apenas para a elaboração da tese, mas para a formação de uma pessoa.

À FAPESP, pela bolsa concedida, que tornou possível a execução da tese;

À UEL, Curso de Medicina Veterinária, e à UEM, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, aos professores e funcionários que colaboraram para a formação do profissional e pessoa que hoje escreve este documento;

Aos professores Jefferson (*in memoriam*), Caio e Ivan, que participaram mais diretamente do caminho que segui na vida acadêmica, de pesquisa e de dedicação à profissão;

Ao pessoal da granja e do frigorífico de Colina, especialmente à Tânia e ao Salvador, pela inestimável ajuda na condução das avaliações de carcaça e colheita de amostras;

Aos amigos da república de Jaboticabal: Chico, Fábio, Rizal e demais companheiros que por lá passaram ao longo dos anos;

À equipe do Setor de Suinocultura: os irmãos de orientação Antônio, Cristani, Pedro, Urbano e Vivian; os estagiários Arnaldo e Marcus e funcionários Wilson e José;

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, pela oportunidade do exercício do cargo de Pesquisador Científico e, mais diretamente, ao Pólo Regional Centro Norte, pela compreensão e apoio para a condução da parte final desta tese, após a posse do cargo;

Aos companheiros de Catanduva: Edilter, Emerson, Fabiano, Fábio, José e Paulo, bem como às suas respectivas companheiras de jornada;

Aos amigos de Londrina e de Maringá, nomes vários, que se aproximam cada vez mais, mesmo com o passar dos anos;

À Flora, pela imprescindível ajuda na condução das análises histológicas;

Aos amigos Cristina e Eduardo, pelas conversas e auxílios, além de um pouso durante os momentos finais de permanência em Jaboticabal, bem como à turma do aviário: Michele, Fabiana, Silmara, Laurentiz e Robson, entre outros;

Aos amigos da pós-graduação: Alexandre, André, Fabiano, Luciano, Simone, Marcelo, Carol, Luciandra, Levy, Osmar e tantos outros cujos nomes não estão nessa lista, mas estão presentes no pensamento e que levarei comigo pela estrada afora;

Aos professores: Jorge, Jane, Euclides, Rosa Maria (Maringá), Isabel, Silvana, Ricardo, Gilberto, Alexandre, Maria Ignês e Jairo, por orientações e auxílios nos laboratórios que passei, bem como ao pessoal dos laboratórios: Orandir, Alexandre, Carla, Patrícia, Ana Paula, Tânia e José Carlos;

A todos que, mesmo com um simples sorriso ou uma frase, proporcionaram apoio para a condução desta tese e para a obtenção do grau de Doutor, eu digo:

**MUITO OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS E FIGURAS .....	v
RESUMO .....	xi
SUMMARY .....	xii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Introdução.....	1
Deposição de proteína e gordura pelo suíno.....	1
Restrição do consumo de energia .....	2
Objetivos.....	3
CAPÍTULO 2 – RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS DE ELEVADO PESO DE ABATE: DESEMPENHO, PARÂMETROS SÉRICOS, QUALIDADE DA CARÇAÇA E VIABILIDADE ECONÔMICA.....	4
Resumo .....	4
Introdução.....	5
Material e Métodos .....	5
Instalações, animais e dietas experimentais .....	5
Ensaio de desempenho.....	6
Avaliação dos parâmetros séricos.....	7
Avaliação das características de carcaça.....	7
Avaliação econômica.....	9

Delineamento experimental e análise estatística .....	10
Resultados e Discussão .....	12
Desempenho .....	12
Parâmetros séricos.....	14
Características de carcaça .....	17
Avaliação econômica.....	21
Conclusões.....	23
<b>CAPÍTULO 3. RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS PESADOS .....</b>	<b>24</b>
Resumo .....	24
Introdução.....	25
Material e Métodos.....	25
Instalações, animais e dietas experimentais .....	25
Manejo e abate dos animais.....	26
Avaliação qualitativa da carne .....	27
Delineamento experimental e análise estatística .....	28
Resultados e Discussão .....	29
Propriedades físicas da carne .....	29
Composição lipídica da carne .....	33
Conclusões.....	37

CAPÍTULO 4. ANÁLISE MORFOHISTOQUÍMICA DO MÚSCULO MULTIFIDUS DE SUÍNOS SUBMETIDOS A NÍVEIS DE RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA .....	38
Resumo .....	38
Introdução.....	39
Material e Métodos .....	39
Instalações, animais e dietas experimentais .....	39
Obtenção e preparo das amostras .....	41
Variáveis analisadas.....	43
Delineamento experimental e análise estatística .....	44
Resultados e Discussão .....	45
Conclusões.....	49
CAPÍTULO 5. RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS PESADOS: DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS E PESO DOS ÓRGÃOS DO TRATO DIGESTÓRIO .....	50
Resumo .....	50
Introdução.....	51
Material e Métodos .....	51
Instalações, animais e dietas experimentais .....	51
Ensaio de digestibilidade.....	53
Avaliação do peso dos órgãos .....	54
Delineamento experimental e análise estatística .....	54

Resultados e Discussão .....	55
Digestibilidade das dietas experimentais.....	55
Peso dos órgãos do trato digestório .....	60
Conclusões.....	63
<b>CAPÍTULO 6. RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS PESADOS: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS FEZES E EXCREÇÃO FECAL DE MINERAIS ..</b>	<b>64</b>
Resumo .....	64
Introdução.....	65
Material e Métodos .....	65
Instalações, animais e dietas experimentais .....	65
Avaliação da produção e composição das fezes.....	66
Determinação dos minerais.....	67
Cálculo da área adubável.....	68
Delineamento experimental e análise estatística .....	69
Resultados e Discussão .....	69
Produção e composição das fezes.....	70
Excreção fecal de minerais .....	73
Conclusões.....	83
<b>CAPÍTULO 7. IMPLICAÇÕES .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>85</b>

## LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Página

### CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais.....	6
Tabela 2. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis de desempenho, consumo diário de energia e eficiência energética, consumo total de ração e número de dias em experimento, necessários para atingir 128 kg de peso (D128), de suínos alimentados com diferentes níveis de restrição qualitativa .....	12
Figura 1. Ganho diário de peso (a), conversão alimentar (b), consumo diário de energia digestível – CDED (c), eficiência energética (d), consumo total de ração (e) e número estimado de dias experimentais para atingir 128 kg - D128 (f) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	13
Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de parâmetros séricos de suínos em função dos níveis de restrição qualitativa e na colheita inicial (CI), utilizados como co-variável.....	14
Figura 2. Níveis séricos de triacilgliceróis de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....	15
Tabela 4. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de parâmetros séricos de suínos, aos 89 e aos 128 kg.....	16
Tabela 5. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características de carcaça de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....	17
Figura 3. Espessura média de toucinho - ET (a), espessura de toucinho entre a última e penúltima costelas - ETUPC (b), quantidade (c) e porcentagem (d) de carne magra na carcaça e índice de bonificação da carcaça (e) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	18

Tabela 6. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características de carcaça, de acordo com o MBCC <sup>(1)</sup> , de suínos abatidos aos 89 e aos 128 kg. ....	20
Tabela 7. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características de carcaça, de acordo com equações de predição <sup>(1)</sup> , de suínos abatidos aos 89 e aos 128 kg.....	20
Tabela 8. Valores médios e coeficientes de variação (CV) do custo de alimentação e das receitas bruta e líquida obtidas por suíno, dos 89 aos 128 kg, em função dos níveis de restrição qualitativa .....	21
Figura 4. Receita bruta obtida por suíno, dos 89 aos 128kg, em função dos níveis de restrição qualitativa.....	21
Tabela 9. Análise de regressão linear múltipla do valor de P, para aumento linear da receita líquida de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa e os preços do milho, farelo de soja e suíno.....	22
Figura 5. Valores de P para efeito linear da restrição qualitativa sobre a receita líquida por suíno abatido, em função dos preços do milho observados no período de novembro/2002 a outubro/2003 .....	22

### CAPÍTULO 3

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais.....	26
Tabela 2. Valores médios e coeficientes de variação de características qualitativas da carne de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa. ....	30
Figura 1. Valores de pH <sub>45'</sub> (a), teor de vermelho - a* (b) e de amarelo - b* (c) da carne de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa. ....	31
Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características qualitativas do músculo <i>Longissimus</i> de suínos, abatidos aos 89 e aos 128 kg.....	32

Tabela 4. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de ácidos graxos, lipídeos totais e colesterol no músculo <i>Longissimus</i> de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....	34
Figura 2. Valores de ácidos graxos oléico - 18:1n9 (a) e colesterol (b) no músculo <i>Longissimus</i> de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa. ....	35
Tabela 5. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de ácidos graxos do músculo <i>Longissimus</i> de suínos, abatidos aos 89 e 128 kg.....	35
Tabela 6. Valores médios e coeficientes de variação (CV) da somatória de ácidos graxos saturados (SAT), mono (MON) e polinsaturados (POL), suas relações e teores de lipídeos totais e colesterol no músculo <i>Longissimus</i> de suínos, abatidos aos 89 e 128 kg. ....	36
 CAPÍTULO 4 	
Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais.....	40
Tabela 2. Classificação das fibras musculares em cortes histológicos do músculo <i>Multifidus</i> de suínos, de acordo com os resultados das reações enzimáticas pelas diferentes técnicas.....	43
Figura 1. Cortes transversais do músculo <i>Multifidus</i> de suínos e indicações dos tipos de fibra de contração lenta e metabolismo oxidativo (SO), contração rápida e metabolismo glicolítico (FG) e intermediário (FOG). À esquerda, reação para ATP-ase (fibra de contração rápida em azul-escuro). à direita, reação para NADH-TR (fibra de metabolismo oxidativo em cinza-escuro). <i>Aumento de 20 x</i> . ....	43
Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) das características morfohistoquímicas do músculo <i>Multifidus</i> de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.....	45

Figura 2. Áreas das fibras de contração lenta e metabolismo oxidativo SO (a) e de contração rápida e metabolismo glicolítico FG (b), em  $\mu\text{m}^2$ , do músculo *Multifidus* de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa. ....46

Tabela 4. Valores médios de frequência e área da secção transversal dos tipos de fibras do músculo *Multifidus* de suínos.....47

## CAPÍTULO 5

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética determinada das dietas experimentais e da casca de arroz utilizada como ingrediente .....52

Tabela 2 – Valores médios e coeficientes de variação (CV) dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e nutrientes digestíveis de dietas para suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....56

Figura 1. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca - CDMS (a), energia bruta – CDEB (b), proteína bruta – CDPB (c), extrato etéreo - CDEE (d), fibra em detergente neutro - CDFDNc (e) e ácido - CDFDAc (f) corrigidas para cinza, de dietas para suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....57

Figura 2. Valores de energia (a), proteína (b), extrato etéreo (c) e fibra em detergente neutro corrigida para cinza - FDNc (d) digestíveis de dietas para suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....58

Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de peso dos órgãos do trato digestório de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....61

Figura 3. Peso do estômago (a), ceco (b) e fígado (c) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.....61

## CAPÍTULO 6

Tabela 1. Composição centesimal das dietas experimentais e teores de minerais, determinados nas dietas e na casca de arroz utilizada nas dietas .....	67
Tabela 2. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para a composição, produção diária e total das fezes e coeficiente de produção de fezes (CPF) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	70
Figura 1. Composição das fezes em sólidos totais (a) e voláteis (b) e matéria mineral total (c) nas fezes de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.....	71
Figura 2. Produção diária de fezes (a), sólidos totais (b), voláteis (c) e minerais totais (d) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	72
Figura 3. Produção total de fezes (a) e coeficiente de produção de fezes de suínos dos 89 aos 128 kg, em função dos níveis de restrição qualitativa .....	72
Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para teores de minerais nas fezes de suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	73
Figura 4. Teores dos macrominerais nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), sódio (e) e magnésio (f), nos sólidos totais fecais de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.....	74
Figura 5. Teores dos microminerais ferro (a), cobre (b) e zinco (c), nos sólidos totais fecais de suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	75
Tabela 4. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para excreção fecal diária de minerais de suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	77
Figura 6. Excreção fecal diária dos macrominerais nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d) sódio (e) e magnésio (f) de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.....	78

Figura 7. Excreção fecal diária dos microminerais ferro (a), zinco (b), manganês (mn) e cobre (d) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.....	79
Tabela 5. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para excreção total de minerais nas fezes de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.....	79
Figura 8. Excreção fecal total dos macrominerais nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), sódio (e) e magnésio (f) de suínos, dos 89 aos 128 kg, em função do nível de restrição qualitativa .....	80
Figura 9. Excreção fecal total dos microminerais ferro (a), zinco (b), manganês (c) e cobre (d) de suínos, dos 89 aos 128 kg, em função do nível de restrição qualitativa ...	81
Tabela 6. Valores calculados de área de cultivo e produção de milho, compatíveis com a quantidade de N excretada, e as adições necessárias de P e K, por hectare, para balancear a relação N-P-K das fezes oriundas de 50 suínos, em função do nível de restrição qualitativa .....	82

## RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS COM ELEVADO PESO DE ABATE

**RESUMO** - O presente trabalho teve o objetivo de avaliar níveis de restrição alimentar qualitativa para suínos machos castrados pesados. Foram utilizados 60 suínos ( $89,1 \pm 4,2$  kg), alojados em baias individuais de  $2,55 \text{ m}^2$ . Os animais receberam dietas com níveis de 0, 5, 10, 15 e 20% de restrição qualitativa – 3400, 3240, 3060, 2890 e 2720 kcal de energia digestível / kg de ração – obtidas com a inclusão de casca de arroz, sendo mantidos os teores de lisina digestível, cálcio e fósforo disponível. Dez animais foram abatidos no início do experimento, e os demais foram alimentados com as dietas experimentais até atingirem o peso médio de 128 kg, quando foram abatidos. Suínos mais pesados (128 kg) apresentaram maior rendimento de carcaça e quantidade de carne, porém, pior índice de bonificação, devido à redução na porcentagem de carne magra. A restrição qualitativa reduziu a digestibilidade energética, levando à piora no desempenho e melhor eficiência energética, sem alterar o ganho diário em carne magra, de forma a proporcionar melhores carcaças, com maior valor e sem depreciar a qualidade da carne, inclusive reduzindo seu teor de colesterol e levando à máxima concentração de ácido oléico a 12,5% de restrição, enquanto a máxima hipertrofia das células musculares foi obtida ao redor do nível de 12%. A viabilidade econômica da restrição qualitativa foi dependente principalmente do preço do milho. A inclusão de casca de arroz aumentou a área de lavoura de milho a ser adubada com as fezes, apresentando melhor relação N - P- K entre 5 e 15%. Portanto, a restrição qualitativa foi eficiente em melhorar a carcaça dos suínos, agregando valor a um resíduo agrícola.

**Palavras-Chave:** ácidos graxos, consumo energético, fibra, impacto ambiental, suíno pesado

## QUALITATIVE FEED RESTRICTION FOR PIGS WITH HIGH SLAUGHTER WEIGHT

**SUMMARY** – The objective of this work was to evaluate levels of qualitative feed restriction for heavy barrow pigs. Sixty pigs ( $89.1 \pm 4.2$  kg) were allotted to individual pens with  $2.55 \text{ m}^2$ . The animals were fed diets with 0, 5, 10, 15 and 20% levels of qualitative restriction – 3400, 3240, 3060, 2890 e 2720 kcal of digestible energy / kg of ration - obtained by rice hulls inclusion, and the contents of digestible lysine, calcium and available phosphorus were kept. Ten animals were slaughtered at the begin of the experiment and the others were fed with the experimental diets until they reach the average weight of 128 kg when they were slaughtered. Heavy pigs (128 kg) show higher carcass holding and lean meat content, but worse payment index because of the reduction in the lean meat percentage. Qualitative feed restriction reduced energetic digestibility, resulting in worse performance and better energetic efficiency without changing the daily lean meat gain, so as to obtain better carcasses with high value and without depreciating the meat quality. Qualitative feed restriction reduced cholesterol levels and gave the greatest level of oleic acid of the meat at the level of 12.5% and maximum muscle cell hypertrophy at the level of 12% of restriction. The economic viability of qualitative restriction was dependent on corn price. The rice hulls inclusion increased the area of the corn agriculture to be fertilized with the feces, showing the best N – P – K ratio between 5 and 15% levels. So, qualitative feed restriction was efficiency to improve pig carcass quality adding value to an agricultural residue.

**Keywords:** energy intake, environmental impact, fatty acids, fiber, heavy pig

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### *Introdução*

O aumento no peso de abate de suínos vem sendo adotado por muitas empresas, por melhorar a eficiência na produção dos frigoríficos e possibilitar o desenvolvimento de novos cortes da carcaça e produtos processados (POMAR et al., 2000). Para o suinocultor, a venda de animais mais pesados pode ser interessante, pois permite reduzir os custos fixos de produção relacionados com a obtenção do leitão (ZAGURY, 2002).

No entanto, o peso de abate está relacionado diretamente com a quantidade de gordura na carcaça de suínos. O mercado, por sua vez, tem se tornado mais seletivo e pressionado a suinocultura a especializar-se na produção de carne magra.

Para direcionar a produção de carcaças com maior aceitação no mercado, o sistema de tipificação de carcaças foi instituído, sendo utilizado pela primeira vez no Brasil em 1982 e posteriormente implantado nos principais frigoríficos do sul do país (FÁVERO et al., 1997). O sistema de tipificação tem por objetivo privilegiar ou penalizar os suinocultores, em função do peso e da porcentagem de carne magra das carcaças dos animais.

Desta forma, a produção de suínos mais pesados deve estar vinculada às estratégias nutricionais que garantam boa remuneração ao produtor, pela otimização do rendimento de carne magra das carcaças.

### *Deposição de proteína e gordura pelo suíno*

De forma geral, o tecido muscular suíno é composto por cerca de 20% de proteína, 70% de água, 8% de lipídeos e 2% de outras substâncias, enquanto o tecido adiposo é composto por 10-25% de água, 2% de proteína e 70-80% de lipídeos (WHITTEMORE, 1993). Assim, um grama de proteína depositada pode significar até 3,2 g de tecido magro formado, enquanto um grama de lipídeo depositado corresponde a praticamente um grama de tecido adiposo formado, sendo, portanto, a deposição de

gordura mais custosa para o animal, em termos de energia (QUINIOU & NOBLET, 1995).

A deposição protéica diária de um suíno é inicialmente crescente, apresentando pouca variação do início da fase de crescimento até os 90 - 120 kg, começando a declinar a partir desses pesos (KESSLER, 1998). Já a deposição de gordura é correspondente à quantidade de energia que o animal consome e que excede a sua necessidade para manutenção do metabolismo basal e produção de carne (NOBLET, 1996).

Por sua vez, o consumo de ração pelo suíno aumenta conforme aumenta seu peso, durante o período de produção. Desta forma, ocorre excesso de ingestão de energia à medida que a capacidade de produção de carne começa a declinar.

Assim, animais que apresentam baixa capacidade de produção de carne magra tendem a acumular mais gordura, pois maior quantidade de energia consumida será excedente à deposição de tecido muscular. Os principais fatores envolvidos nessa capacidade são, além do peso, a genética e o sexo. Animais selecionados para produção de carne magra depositam menos gordura que animais não selecionados; suínos machos inteiros apresentam melhores carcaças que fêmeas, e essas, melhores que machos castrados (WHITTEMORE, 1993).

#### *Restrição do consumo de energia*

Tendo o consumo de energia grande impacto no acúmulo de gordura pelos suínos, o controle da ingestão calórica é importante para a melhoria das carcaças, ainda que geralmente acarrete prejuízo no desempenho animal (BELLAYER, 1995).

A redução do consumo energético pode ser feita através da restrição quantitativa de alimento, controlando-se a quantidade de ração fornecida. Reduções da ingestão diária de energia da ordem de 10 a 25%, via restrição quantitativa, para suínos com peso final entre 95 e 120 kg, proporcionaram melhora nas características de carcaça (HAYDON et al., 1989; LEYMASTER & MERSMANN, 1991; WARPECHOWSKI et al., 1999; BARBOSA et al., 2000).

No entanto, a implantação da restrição quantitativa necessita de estruturas apropriadas nas baias e acarreta aumento na mão-de-obra, inviabilizando alguns sistemas de automação do fornecimento de ração. Além disso, a privação do alimento para suínos pode repercutir em distúrbios comportamentais, prejudicando seu bem-estar (RAMONET et al., 1999).

Por outro lado, a redução do consumo de energia pelo suíno pode ser realizada também através da restrição qualitativa, ou seja, através da diminuição do teor energético da ração (BELLAVÉR, 1995), obtida com a inclusão de alimentos de baixo valor energético, geralmente ricos em fibra.

A inclusão de 20% de feno de alfafa em dietas de suínos foi eficiente em reduzir a deposição de gordura por suínos (KASS et al., 1980), da mesma forma que HALE et al. (1986), reduzindo o teor energético das dietas em 16%, com a inclusão de farelo de trigo às dietas. Porém, no trabalho de POND et al. (1988), a inclusão de 20% de feno de alfafa não apresentou efeito sobre a carcaça dos animais.

### *Objetivos*

O trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de níveis (intensidade) de restrição qualitativa para suínos machos castrados, a partir dos 89 kg de peso e abatidos aos 128 kg, sobre: 1) desempenho, características de carcaça, parâmetros séricos e viabilidade econômica, seguindo o sistema de tipificação de carcaças; 2) características físico-químicas do músculo *Longissimus*; 3) frequência e área dos tipos de fibras musculares presentes no músculo *Multifidus*; 4) digestibilidade das dietas e peso dos órgãos do trato digestório; 5) quantidade e composição das fezes produzidas pelos animais.

Além disso, o trabalho teve o objetivo de avaliar os parâmetros séricos, características de carcaça e qualidade da carne dos suínos, aos 89 e 128 kg de peso.

## **CAPÍTULO 2 – RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS DE ELEVADO PESO DE ABATE: DESEMPENHO, PARÂMETROS SÉRICOS, QUALIDADE DA CARÇAÇA E VIABILIDADE ECONÔMICA**

**RESUMO** – Foram utilizados 60 suínos machos castrados ( $89,1 \pm 4,2$  kg), para avaliar o efeito de níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) de restrição qualitativa, resultando em valores de 3407, 3420, 3060, 2890 e 2720 kcal de energia digestível / kg de ração, sobre o desempenho, parâmetros séricos, carcaça e viabilidade econômica do uso das dietas, bem como o efeito do peso dos animais – 89 e 128 kg - sobre as características de carcaça e parâmetros séricos. Dez animais foram abatidos no início do experimento, e os demais foram alimentados com as dietas experimentais até atingirem peso ao redor de 128 kg. O aumento nos níveis de restrição qualitativa proporcionou redução linear ( $P < 0,05$ ) no ganho de peso, consumo de energia digestível, níveis séricos de triacilgliceróis e espessura de toucinho, e aumento linear ( $P < 0,05$ ) no consumo total de ração, dias para atingir 128 kg, porcentagem e quantidade de carne magra, índice de bonificação das carcaças e receita bruta de cada animal, bem como piora linear ( $P < 0,01$ ) na conversão alimentar, enquanto a eficiência energética aumentou linearmente ( $P = 0,05$ ). Suínos com 128 kg de peso apresentaram valores mais altos ( $P < 0,05$ ) de colesterol sérico e características de carcaça, exceto rendimento de pernil ( $P > 0,1$ ), porcentagem de carne magra e índice de bonificação, que foram menores ( $P < 0,05$ ) que dos animais aos 89 kg de peso. O maior peso de abate piorou as características de carcaça, enquanto a restrição qualitativa foi eficiente em melhorar as carcaças dos suínos com 128 kg de peso. Além disso, a viabilidade econômica do uso da restrição foi variável em função do cenário do mercado, principalmente do preço do milho.

**Palavras-chave:** fibra, qualidade de carcaça, restrição energética, suínos pesados, tipificação de carcaça

## **Introdução**

O aumento do peso de abate dos suínos tem sido observado ao longo dos anos, pois se trata de vantagem para a indústria (ZAGURY, 2002), sendo utilizado o termo “suíno pesado” para animais abatidos ao redor de 130 kg. No entanto, a quantidade de gordura na carcaça suína tende a aumentar com o peso dos animais, pois seu consumo de energia excede a exigência para produção de carne magra: com o maior peso, ocorre aumento no consumo de ração pelo suíno, enquanto sua deposição diária de proteína é constante (WHITTEMORE, 1993).

Por outro lado, a produção de carcaças de qualidade é estimulada pelo sistema de tipificação de carcaças, bonificando ou penalizando o produtor em função do maior ou menor peso e porcentagem de carne magra na carcaça (FÁVERO et al., 1997). Portanto, para a produção de suínos pesados, seria interessante a prática da restrição alimentar, para controlar o consumo de energia e garantir a qualidade de suas carcaças (LUDKE et al., 1998). Assim, poderia ser utilizada a restrição alimentar qualitativa, que se baseia na inclusão de ingredientes de baixo valor nutricional nas dietas, proporcionando redução de seu teor energético (BELLAVÉR, 1995).

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de níveis de restrição alimentar qualitativa sobre o desempenho, parâmetros séricos, características de carcaça e viabilidade econômica de suínos, dos 89 aos 128 kg de peso, bem como o efeito do peso (89 e 128 kg) sobre os parâmetros séricos e características de carcaça.

## **Material e métodos**

### *Instalações, animais e dietas experimentais*

Foram utilizados 60 suínos machos castrados, com peso de  $89,1 \pm 4,2$  kg, oriundos de granja comercial e obtidos de cruzamentos entre animais selecionados para produção de carne magra. Os animais foram alojados em baias individuais de  $2,55\text{m}^2$ . Dez animais com peso mais próximo à média foram abatidos no início do experimento, e os demais foram alimentados com cinco dietas experimentais, conforme indicado na Tabela 1, formuladas para fornecer 0, 5, 10, 15 e 20% de restrição alimentar qualitativa, doravante denominada de restrição qualitativa.

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais.

Ingrediente, %	Restrição qualitativa, %				
	0	5	10	15	20
Milho	83,99	78,67	73,36	68,04	62,73
Farelo de soja	14,34	14,77	15,20	15,63	16,06
Casca de arroz <sup>(1)</sup>	-	4,94	9,83	14,72	19,60
Calcário calcítico	0,767	0,745	0,723	0,702	0,680
Fosfato bicálcico	0,300	0,319	0,337	0,356	0,375
Sal comum	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Suplemento mineral <sup>(2)</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento vitamínico <sup>(2)</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
-----					
Nutrientes <sup>(3)</sup>					
Energia digestível, kcal/kg	3407	3240	3060	2890	2720
Proteína bruta, %	13,7	13,6	13,5	13,4	13,2
Lisina dig., %	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Cálcio, %	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Fósforo disponível, %	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Fibra bruta, %	2,5	4,3	6,2	8,0	9,9

<sup>1</sup> Produto finamente moído, utilizado como veículo em suplementos vitamínicos, com valores de energia e lisina digestíveis e fósforo disponível considerados como nulos e demais valores nutricionais de acordo com EMBRAPA (1991);

<sup>2</sup> Níveis de garantia por kg de ração: Fe – 60,0 mg; Cu – 52,5 mg; Mn – 30,0 mg; Zn – 60 mg; Co – 0,54 mg; I – 1,26 mg; Se – 0,18 mg; Vitaminas A – 3.750 UI; D<sub>3</sub> – 750 UI; E – 11,25 mg; K<sub>3</sub> - 1,5 mg; B<sub>2</sub> – 2,7 mg; B<sub>12</sub> - 10,5 µg; Pantotenato de Cálcio - 4,5 mg; Niacina – 15 mg; Biotina - 0,075 mg; Colina – 75 mg; Antioxidante – 37,5 mg;

<sup>3</sup> Composição nutricional dos ingredientes de acordo com ROSTAGNO et al. (2000), e níveis nutricionais indicados pelo *software* do NRC (1998), considerando-se machos castrados com capacidade de deposição de tecido magro de 375 g/dia e com 107,5 kg (média entre 90 e 125 kg).

### Ensaio de desempenho

O ensaio de desempenho foi realizado no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, de agosto a outubro de 2003, com temperatura média de 22,4 ± 3,2 °C, durante a condução do experimento. Os animais receberam ração e água à vontade durante todo o período experimental. Os animais e as sobras de ração foram pesados semanalmente. Foram determinados o consumo diário de ração, o ganho diário de peso, a conversão alimentar, o consumo diário de energia digestível (ED) e a eficiência energética (ganho

de peso do suíno em g / consumo de ED em Mcal) dos animais, durante as quatro primeiras semanas experimentais. A partir do final da quarta semana, os suínos começaram a atingir peso ao redor de 128 kg, estabelecido como peso final, sendo retirados do ensaio de desempenho e destinados ao frigorífico para serem abatidos.

Foi determinado o consumo total de ração de cada animal durante o experimento. Foi também estimado o número de dias (D128) necessários para os animais atingirem o peso de 128 kg a partir do peso inicial, conforme indicado na expressão:

$$D128 = (128 - \text{Peso inicial}) / \text{GDP}_{\text{período total}}$$

onde:

$$\text{GDP}_{\text{período total}} = (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{dias em experimento}$$

#### *Avaliação dos parâmetros séricos*

Foram realizadas colheitas de sangue dos animais no início do experimento e quando atingiram o peso final para o envio ao abate. Foram realizadas punções na veia cava cranial, sem jejum prévio dos animais. O sangue colhido foi imediatamente disposto em tubos de ensaio e levado ao Laboratório de Patologia Animal do Hospital Veterinário da FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal, sendo submetido à centrifugação a 3500 rpm, durante 15 minutos, para obtenção do soro. Foram realizadas análises dos teores de uréia, triacilgliceróis e colesterol total séricos, utilizando-se *kits* reagentes comerciais.

#### *Avaliação das características de carcaça*

Os abates ocorreram no dia seguinte às pesagens. Tanto os animais abatidos no início do experimento (peso médio de 89 kg), quanto os animais selecionados para o abate a cada semana (peso médio de 128 kg), foram submetidos ao jejum sólido, por 12h antes do embarque para o frigorífico. Após cerca de duas horas, os animais foram desembarcados e pesados, sendo determinado o peso no desembarque. Foi também

calculada a perda de peso pelo jejum e transporte (PJT), em porcentagem, como indicado na fórmula:

$$PJT = ([\text{peso final} - \text{peso no desembarque}] / \text{peso final}) * 100$$

Logo após a evisceração, as carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e pesadas e, após 24h em câmara fria (-2°C), foram realizadas as seguintes mensurações, de acordo com o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS, 1973): comprimento da carcaça, espessura média de toucinho, resultante das espessuras de toucinho na altura das primeira e última vértebras torácicas e última vértebra lombar, bem como a área de olho de lombo. Para a estimativa da porcentagem e da quantidade de carne magra na carcaça, foram realizadas mensurações de acordo com GUIDONI (2000): peso da carcaça quente, sem patas e cabeça (PCARC), e espessura de toucinho (ETUPC6) e profundidade de lombo (PMUPC6), entre a última e penúltima costela, a seis centímetros da linha média dorsal, na meia carcaça direita resfriada. As leituras da ETUPC6 e PMUPC6 foram feitas com o auxílio de paquímetro, após o corte transversal da meia carcaça direita, simulando a leitura efetuada pela pistola de tipificação. No mesmo corte transversal, foi realizada a mensuração da área de olho de lombo.

A porcentagem (%CM) e a quantidade de carne magra na carcaça (QCM), em quilogramas, foram então calculadas de acordo com as seguintes equações (GUIDONI, 2000):

$$\%CM = 65,92 - 0,685*ETUPC6 + 0,094*PMUPC6 - 0,026*PCARC$$

$$QCM = 7,38 - 0,48*ETUPC6 + 0,059*PMUPC6 + 0,525*PCARC$$

O valor de %CM obtido foi utilizado para determinar o índice de bonificação (IB), ou seja, o fator de correção do valor da carcaça, expresso em porcentagem, conforme descrito por FÁVERO et al. (1997) e indicado a seguir:

$$IB = 37,004721 + 0,094412*PCARC + 1,144822* \%CM - 0,000053067*PCARC*\%CM + 0,000018336*PCARC^2 + 0,000409*\%CM^2$$

Os valores de QCM dos animais abatidos, com peso ao redor de 89 (QCM<sub>89 kg</sub>) e 128 kg (QCM<sub>128 kg</sub>), foram utilizados para determinar o ganho diário em carne magra (GDCM), em quilogramas, como indicado na fórmula:

$$GDCM = (QCM_{128\text{ kg}} - \text{média } [QCM_{89\text{ kg}}]) / \text{dias em experimento}$$

#### *Avaliação econômica*

Com base nos preços dos ingredientes das dietas praticados em Jaboticabal, em julho de 2003, foi determinado o custo de cada dieta experimental. A partir do consumo total de ração de cada animal, durante o período experimental, e do custo das dietas, foi calculado o custo com alimentação.

O valor em reais recebido pelos suínos (R\$ suíno), dentro do sistema de tipificação, foi determinado com base no IB e PCARC, conforme fórmula descrita por FÁVERO et al. (1997) e indicada a seguir:

$$R\$ \text{ suíno} = (IB * [\text{preço do quilograma do suíno vivo} / 0,7145]) * PCARC$$

A partir do valor recebido pelo suíno abatido ao redor de 89 kg de peso (R\$ suíno<sub>89 kg</sub>), que considerou o preço do quilograma do suíno observado no início do mês de agosto de 2003, quando ocorreu o abate inicial, e do valor recebido pelos suínos abatidos ao redor de 128 kg de peso (R\$ suíno<sub>128 kg</sub>), que considerou o preço do suíno em meados do mês de setembro de 2003, quando se concentrou a maior parte dos abates dos suínos submetidos às dietas experimentais, foram calculadas as receitas bruta e líquida, em reais (R\$), utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$\text{Receita bruta} = (R\$ \text{ suíno}_{128\text{ kg}} - \text{média } [R\$ \text{ suíno}_{89\text{ kg}}])$$

Receita líquida = Receita bruta – custo com alimentação

Foram também realizadas simulações de receitas líquidas, considerando os preços mensais do quilograma do suíno, milho e farelo de soja ao longo do período de novembro/2002 a outubro/2003 (ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE CRIADORES DE SUÍNOS, 2004), e os preços fixos dos demais ingredientes das dietas. Portanto, foram obtidos valores de receita líquida para cada mês, dentro do período citado.

#### *Delineamento experimental e análise estatística*

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças iniciais de peso, com cinco tratamentos (dietas experimentais) e 10 blocos por tratamento, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Os dados obtidos, após serem analisados quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro-Wilk a 5%) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene a 5%) entre os tratamentos, foram submetidos à análise de variância, utilizando o pacote *PROC GLM* do programa estatístico SAS (1998), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_1NR_i + b_2NR_i^2 + Bl_j + e_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$ : valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ ;

$\mu$ : constante geral;

$b_1$ : coeficiente de regressão linear dos níveis de restrição qualitativa;

$NR_i$ : níveis de restrição qualitativa  $i$  ( $i = 0, 5, 10, 15$  e  $20\%$ );

$b_2$ : coeficiente de regressão quadrática dos níveis de restrição qualitativa;

$Bl_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, \dots, 10$ );

$e_{ij}$ : erro associado ao valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ .

Para a análise dos dados referentes às características de carcaça e viabilidade econômica, foi utilizado o peso final como co-variável, enquanto que, para as variáveis uréia, triacilgliceróis e colesterol total, foi utilizada a dosagem inicial do respectivo parâmetro sérico como co-variável no modelo.

Para determinação do fator (preço do milho, farelo de soja ou suíno) de maior impacto na viabilidade econômica do uso da restrição qualitativa, os valores de receita líquida, simulados mensalmente, foram submetidos à regressão linear em função dos níveis de restrição alimentar. As probabilidades de aumento da receita líquida com o aumento dos níveis de restrição qualitativa foram submetidas à análise de regressão linear múltipla, em função dos preços mensais, utilizando o pacote *PROC STEPWISE* (SAS, 1998), seguindo o modelo:

$$Y_i = \mu + b_1PM_i + b_2PFS_i + b_3PS_i + e_i$$

onde:

$Y_i$ : valor de P do coeficiente de regressão linear dos níveis de restrição qualitativa, sobre o rendimento líquido para cada mês  $i$  ( $i = 1, \dots, 12$ );

$\mu$ : constante geral;

$b_1$ ,  $b_2$  e  $b_3$ : coeficientes de regressão linear dos preços mensais do quilograma do milho, farelo de soja e suíno, respectivamente;

$PM_i$ ,  $PFS_i$  e  $PS_i$ : preços do quilograma do milho, farelo de soja e suíno, respectivamente, em cada mês  $i$ ;

$e_i$ : erro associado ao valor de P para cada mês  $i$ .

Para avaliar o efeito do peso do suíno, os dados de carcaça e parâmetros séricos dos animais abatidos no início do experimento, com peso ao redor de 89 kg, foram comparados por contraste com os dados referentes aos animais abatidos com

peso ao redor de 128 kg, independente do nível de restrição qualitativa, utilizando o comando *CONTRAST* do pacote *PROC GLM* (SAS, 1998).

## Resultados e Discussão

Foram retirados das análises quatro animais, sendo três em virtude de apresentarem valores de desempenho muito distantes dos demais, comprometendo a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) e um em função de óbito. Os dados referentes à variável “perdas por jejum e transporte” não apresentaram normalidade dos erros ( $P < 0,05$ ), sendo submetidos à transformação pelo arco-seno de sua raiz quadrada.

### Desempenho

Os dados referentes ao desempenho, consumo e eficiência energética, bem como os dias em experimento necessários para os animais atingirem 128 kg, e suas equações de predição em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 2 e Figura 1, respectivamente.

Tabela 2. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das variáveis de desempenho, consumo diário de energia e eficiência energética, consumo total de ração e número estimado de dias em experimento, necessários para atingir 128 kg de peso (D128), de suínos alimentados com diferentes níveis de restrição qualitativa.

Variável	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
Consumo diário de ração, kg	3,34	3,55	3,33	3,30	3,52	10,2	-	>0,1
Ganho diário de peso, kg	0,98	0,99	0,89	0,88	0,87	10,6	Linear	<0,01
Conversão alimentar	3,43	3,59	3,74	3,86	4,06	7,6	Linear	<0,01
Consumo diário de ED, Mcal	11,4	11,5	10,2	9,56	9,61	10,5	Linear	<0,01
Eficiência energética, g/Mcal	85,8	86,3	87,2	92,2	89,7	7,3	Linear	0,053
Consumo total de ração, kg	129	134	136	148	154	8,6	Linear	<0,01
D128, número de dias	38,5	38,1	41,4	43,0	43,7	10,4	Linear	<0,01

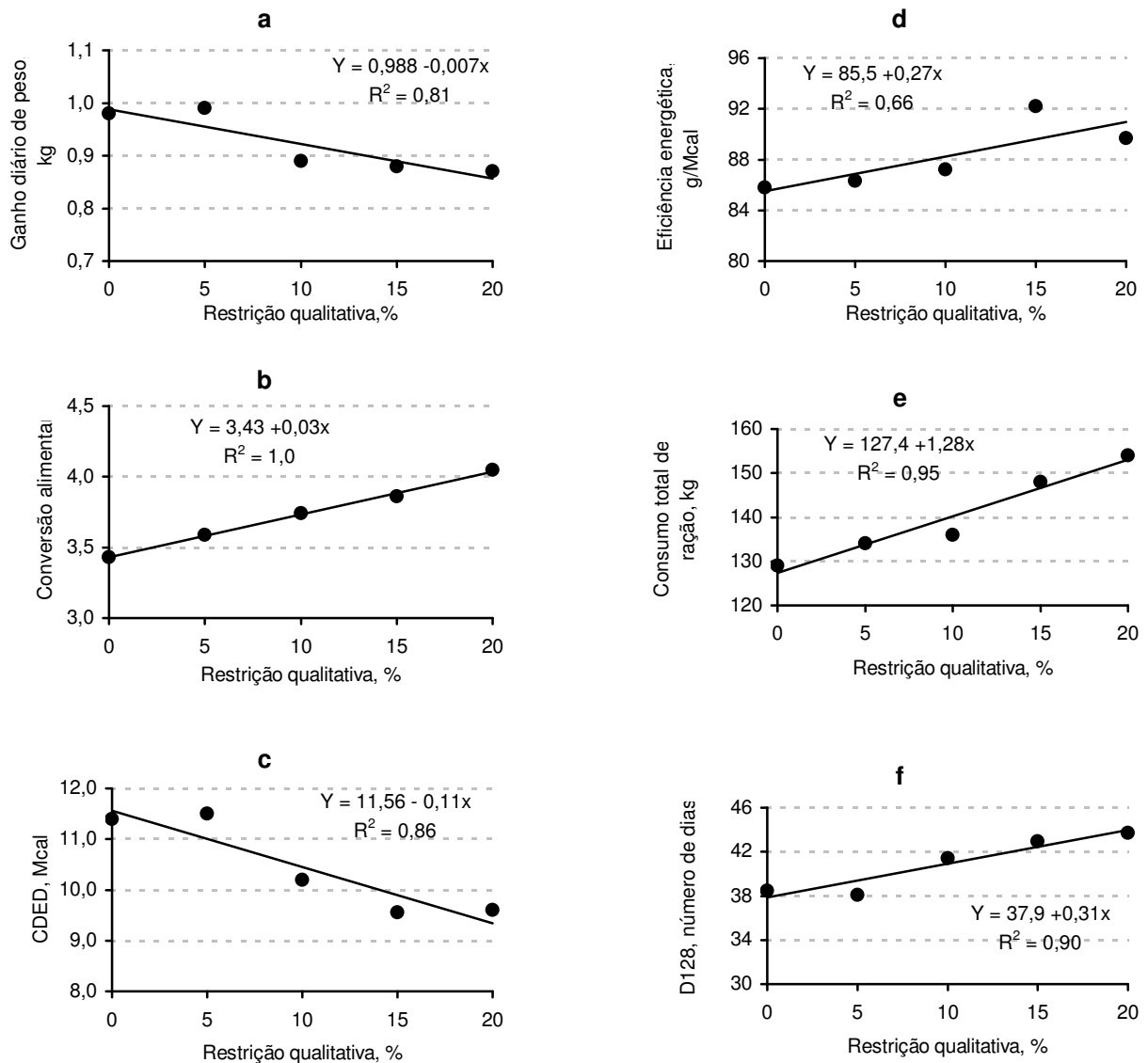


Figura 1. Ganho diário de peso (a), conversão alimentar (b), consumo diário de energia digestível – CDED (c), eficiência energética (d), consumo total de ração (e) e número de dias experimentais para atingir 128 kg - D128 (f) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Não houve efeito ( $P > 0,1$ ) dos níveis de restrição qualitativa sobre o consumo diário de ração dos animais. Desta forma, os suínos foram capazes de se adaptarem ao novo ingrediente presente nas dietas (KYRIAZAKIS, 1994), apesar da casca de arroz apresentar características sensoriais negativas (VICENZI et al., 2001), pois não

houve depressão do consumo com sua inclusão às dietas com o aumento da restrição qualitativa. Por outro lado, ao contrário do observado por LEE et al. (2002), os animais do presente experimento não apresentaram aumento do consumo para compensar a ingestão energética, tendo sido observada redução linear do consumo de energia digestível ( $P<0,01$ ), com o aumento da restrição qualitativa, na proporção de praticamente 1% a menos de calorias ingeridas, para cada nível de restrição qualitativa empregado (Figura 1). A capacidade gástrica de comportar o volume de rações diluídas com ingredientes fibrosos deve ser também considerada como limitante do consumo.

O ganho diário de peso foi reduzido ( $P<0,01$ ) com a restrição qualitativa, sendo a magnitude de sua redução de cerca de 0,7%, para cada ponto percentual de aumento na restrição qualitativa, menor que a observada para a redução do consumo de energia digestível. Deste modo, observou-se melhora da eficiência energética. Em decorrência do menor ganho diário de peso, foi observado aumento linear ( $P<0,01$ ) nos dias necessários para os animais atingirem 128 kg. Por outro lado, o maior período de permanência dos animais submetidos à restrição, aliado à ausência de efeito sobre o consumo diário de ração, levou ao aumento ( $P<0,01$ ) do consumo total de ração dos 89 aos 128 kg de peso dos suínos, com o aumento dos níveis de restrição qualitativa.

### *Parâmetros séricos*

Os dados referentes aos parâmetros séricos e a equação de predição dos níveis de triacilgliceróis, em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 3 e Figura 2, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de parâmetros séricos de suínos em função dos níveis de restrição qualitativa e na colheita inicial (CI), utilizados como co-variável.

Parâmetro sérico, mg/dL	CI	Restrição qualitativa, %					CV,%	Regressão	P
		0	5	10	15	20			
Triacilgliceróis	33,4	40,1	39,2	30,8	32,1	30,4	31,0	Linear	0,02
Colesterol	89,8	123	113	125	145	113	33,7	-	>0,1
Uréia	35,9	31,9	31,9	33,0	31,0	32,6	17,5	-	>0,1

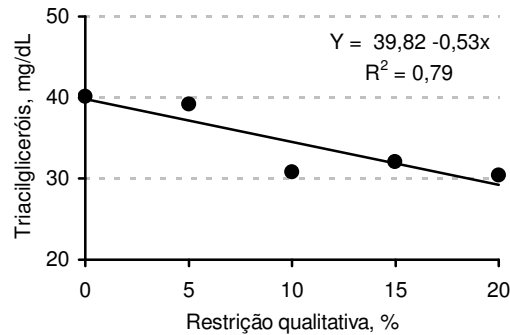


Figura 2. Níveis séricos de triacilgliceróis de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Houve redução linear ( $P=0,02$ ) do teor de triacilgliceróis com a restrição qualitativa. A menor disponibilidade de energia leva à redução na síntese *de novo* de ácidos graxos (BRUSS, 1997), de forma que foi observada a eficiência da restrição alimentar qualitativa em reduzir o excesso de ingestão energética pelos suínos.

Ainda que a ingestão de fibras seja relacionada com redução dos níveis séricos de colesterol e que frações da fibra, como celulose e lignina, apresentem capacidade de aumentar a excreção fecal de ácidos biliares (KAY, 1982), fibras solúveis apresentam efeito mais marcante sobre o controle da colesterolemia (GARCIA-PERIS & CLAMBOR-ALVAREZ, 1999). De acordo com HARA et al. (1998), a capacidade fermentativa da fibra deve ser considerada, pois os compostos resultantes do processo, principalmente o acetato, são capazes de reduzir os níveis de colesterol. As fibras solúveis são altamente fermentáveis e componentes como os beta-glucanos, independente do ingrediente de origem, são eficientes em reduzir o colesterol sérico (DELANEY et al., 2003). Portanto, apesar da inclusão da casca de arroz potencialmente apresentar ação sobre o teor de colesterol sérico, devido ao aumento no teor de celulose e lignina das dietas, sua fibra provavelmente apresenta concentrações muito baixas da fração solúvel e baixa fermentabilidade da fração insolúvel, de modo a não ser observado efeito sobre os teores de colesterol, ao menos em dietas compostas por ingredientes de origem vegetal.

A ausência de efeito ( $P>0,1$ ) dos níveis de restrição alimentar sobre a uréia sérica, indicou não haver aumento do catabolismo de aminoácidos, com a redução da

energia ingerida. Neste sentido, pode-se considerar que não houve redução da energia disponível para a utilização dos aminoácidos dietéticos (COMA et al., 1995), com o aumento da restrição qualitativa, confirmando a melhoria da eficiência energética observada neste trabalho.

Os dados referentes aos níveis séricos de triacilgliceróis, colesterol total e uréia dos animais, no início do experimento, pesando 89 kg, e , no final, com peso de 128 kg, estão indicados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de parâmetros séricos de suínos, aos 89 e aos 128 kg.

Peso, kg	Parâmetro sérico, mg/dL		
	Triacilglicerol	Colesterol	Uréia
89	27,8 <sup>a</sup>	38,3 <sup>b</sup>	89,1 <sup>a</sup>
128	34,5 <sup>a</sup>	124,5 <sup>a</sup>	32,1 <sup>b</sup>
CV, %	31,7	36,7	19,9

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ( $P>0,1$ ) pela análise de contraste.

Suínos, pesando 128 kg, apresentaram níveis mais altos ( $P<0,01$ ) de colesterol e mais baixos ( $P<0,01$ ) de uréia do que no início do experimento, com peso de 89 kg. Uma vez que as dietas experimentais não foram compostas por ingredientes de origem animal, portanto isentas de colesterol, o aumento da colesterolemia poderia estar relacionado com maior síntese de colesterol e/ou redução da excreção fecal de colesterol, via sais biliares (LEHNINGER et al., 1993), nos animais mais pesados. POND et al. (1992) descreveram aumento dos níveis de colesterol com o aumento do peso de suínos do crescimento à terminação, o que explica o observado no presente trabalho.

Já o menor teor de uréia sérica pode ser reflexo do menor teor de proteína bruta das dietas experimentais, com média de 13,5%, em relação à dieta de adaptação, com 15,5%. Os valores de uréia no sangue dos animais são diretamente relacionados com o teor protéico da dieta, pois a menor ingestão protéica de proteína resulta em menor

catabolismo de aminoácidos, reduzindo, portanto, a formação de uréia a ser excretada pela urina (COMA et al., 1995).

### *Características de carcaça*

Os dados referentes às características de carcaça dos suínos e as equações de predição, em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 5 e Figura 3, respectivamente.

Tabela 5. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características de carcaça de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Característica	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
Peso final, kg	127,7	127,9	127,4	128,0	127,8	2,3		
Peso no desembarque, kg	125,4	125,8	124,7	125,5	126,1	2,2		
Perdas jejum-transporte, %	1,79	1,68	2,12	1,92	1,32	18,4	-	>0,1
Peso da carcaça <sup>(1)</sup> , kg	104,5	105,4	104,7	105,2	105,8	1,2	-	>0,1
Rendimento de carcaça, %	83,3	83,8	84,0	83,8	83,9	1,2	-	>0,1
Comprimento de carcaça, cm	97,5	97,1	97,1	98,9	98,2	2,4	-	>0,1
Espessura de toucinho <sup>(1)</sup> , mm	30,7	31,0	30,7	27,7	28,7	11,2	Linear	<0,05
Área de olho de lombo, cm <sup>2</sup>	48,2	46,2	48,3	50,4	50,1	11,0	-	>0,1
Peso de pernil, kg	15,0	14,4	14,4	14,8	14,9	4,5	-	>0,1
Rendimento de pernil, %	14,4	13,7	13,7	14,1	14,1	4,2	-	>0,1
Peso de carcaça equação <sup>(2)</sup> , kg	95,9	96,9	95,8	96,0	97,0	2,6	-	>0,1
ETUPC6 <sup>(3)</sup> , mm	19,7	20,6	18,8	16,7	17,6	19,8	Linear	<0,05
PMUPC6 <sup>(3)</sup> , mm	61,2	62,4	63,7	64,6	65,0	9,1	-	>0,1
Carne magra na carcaça, kg	51,8	52,0	52,4	53,5	53,7	3,7	Linear	<0,05
Carne magra na carcaça, %	55,7	55,2	56,6	58,0	57,4	4,9	Linear	<0,05
Índice de bonificação, %	111,0	110,4	112,0	113,8	113,2	2,9	Linear	<0,05
Ganho diário em carne, g	349	370	344	354	351	16,1	-	>0,1

<sup>1</sup> Peso da carcaça e espessura média de toucinho, de acordo com o MBCC (ABCS, 1973).

<sup>2</sup> Peso da carcaça sem patas e cabeça, de acordo com GUIDONI (2002).

<sup>3</sup> ETUPC6 / PLUPC6 - Espessura de toucinho e profundidade do lombo, respectivamente, entre a última e penúltima costela, a 6 cm da linha média dorsal.

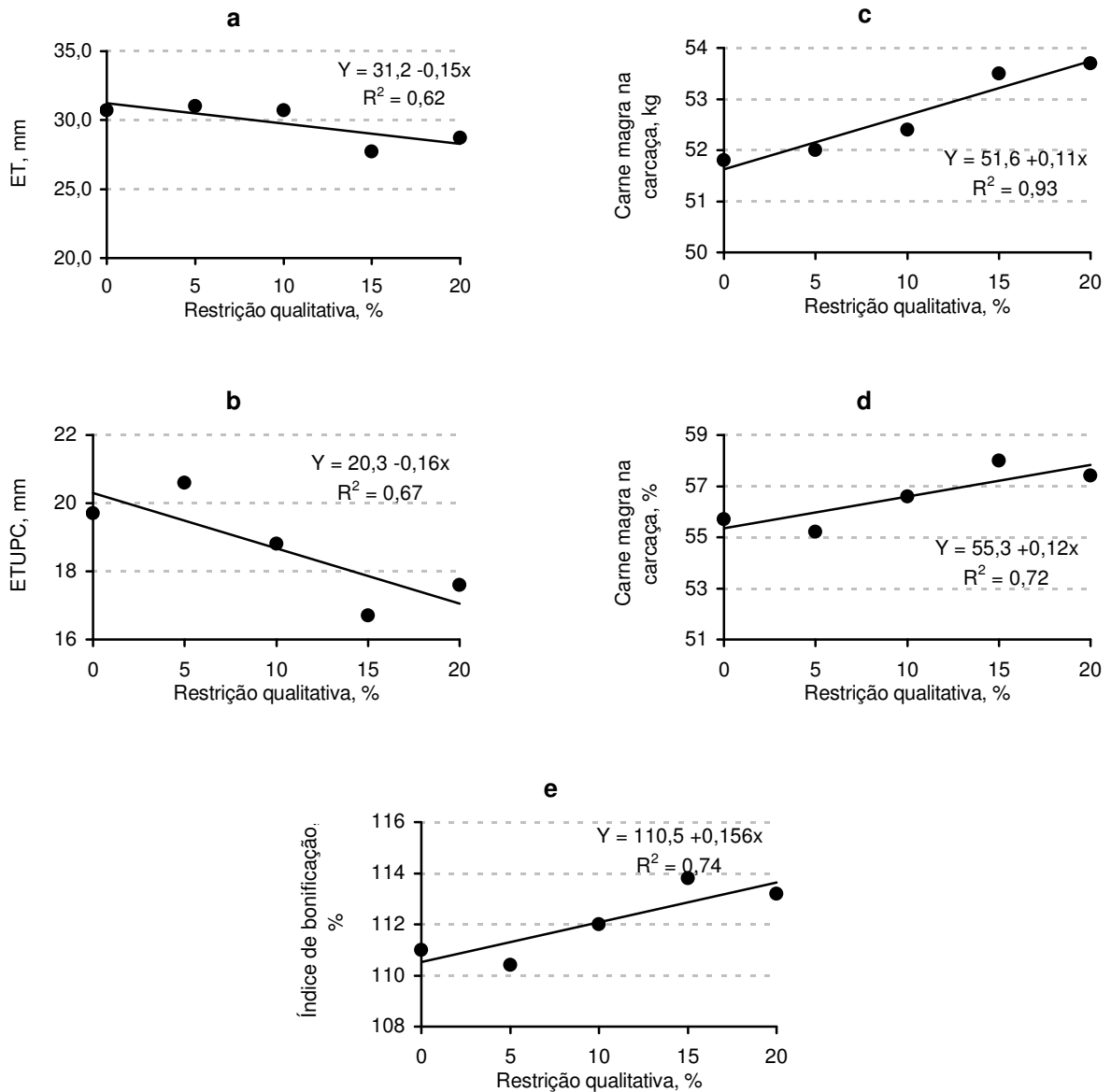


Figura 3. Espessura de toucinho média - ETM (a), espessura de toucinho entre a última e penúltima costela - ETUPC (b), quantidade (c) e porcentagem (d) de carne magra na carcaça e índice de bonificação da carcaça (e) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

A restrição alimentar não influenciou ( $P > 0,1$ ) as perdas por jejum e transporte, o peso, o rendimento e o comprimento da carcaça, o peso e o rendimento de pernil. A presença de fibra na dieta tende a aumentar o trânsito intestinal (KAY, 1982), o que se refletiria em maior perda por jejum, porém, o período de 14h de jejum até a pesagem no frigorífico pode ter sido suficiente para esvaziamento do conteúdo intestinal de todos

os animais, a ponto de minimizar o possível efeito da dieta. Por outro lado, a presença de fibra na dieta não levou ao aumento do peso visceral de forma a piorar o rendimento de carcaça.

Em relação à qualidade da carcaça, houve redução ( $P < 0,05$ ) da espessura média de toucinho e da ETUPC6 com a restrição qualitativa, evidenciando menor disponibilidade energética para síntese e deposição de gordura. Por outro lado, ainda que a área de olho de lombo e a PMUPC6 não tenham respondido ( $P > 0,1$ ) à restrição qualitativa, houve aumento numérico dessas variáveis que, aliadas aos valores de espessura de toucinho, culminaram em aumento linear ( $P < 0,05$ ) da porcentagem e quantidade de carne magra presente na carcaça e, conseqüentemente, em aumento ( $P < 0,05$ ) do índice de bonificação, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Por outro lado, a ausência de efeito ( $P > 0,1$ ) das dietas sobre o ganho diário em carne magra está de acordo com a resposta observada para os níveis séricos de uréia, pois não houve prejuízo da síntese protéica, com a redução da ingestão calórica pelos suínos. Portanto, os animais apresentaram a mesma deposição diária de músculo e o maior número de dias em experimento, proporcionado pela restrição qualitativa, levou à maior quantidade de carne na carcaça.

Os dados referentes às características de carcaça dos animais enviados ao abate, com 89 e 128 kg, de acordo com o Método Brasileiro de Classificação de carcaças (ABCS, 1973) e com as equações de predição para tipificação de carcaças (GUIDONI, 2000), estão indicados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

O maior peso dos suínos resultou em aumento ( $P < 0,05$ ) do comprimento, peso e rendimento da carcaça, do peso de pernil, das medidas de toucinho e de lombo e da quantidade de carne magra na carcaça. No entanto, houve redução da porcentagem de carne magra e índice de bonificação da carcaça ( $P < 0,05$ ) com o aumento do peso, não havendo efeito ( $P > 0,1$ ) sobre as perdas pelo jejum e transporte.

Tabela 6. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características de carcaça, de acordo com o MBCC <sup>(1)</sup>, de suínos abatidos aos 89 e aos 128 kg.

Peso, kg	Características de carcaça <sup>(2)</sup>							
	PJT, %	PC, kg	RC, %	CC, cm	ET, mm	AOL, cm <sup>2</sup>	PP, kg	RP, %
89	1,76 <sup>a</sup>	70,9 <sup>b</sup>	80,8 <sup>b</sup>	89,2 <sup>b</sup>	25,4 <sup>b</sup>	42,2 <sup>b</sup>	10,1 <sup>b</sup>	14,3 <sup>a</sup>
128	1,77 <sup>a</sup>	105,1 <sup>a</sup>	83,7 <sup>a</sup>	97,8 <sup>a</sup>	29,7 <sup>a</sup>	48,7 <sup>a</sup>	14,7 <sup>a</sup>	14,0 <sup>a</sup>
CV, %	25,3	2,5	1,2	2,6	10,6	11,3	10,2	13,1

<sup>1</sup> ABCS (1973)

<sup>2</sup> PJT – perdas por jejum e transporte; PC – peso da carcaça; RC – rendimento de carcaça; CC – comprimento de carcaça; ET – espessura média de toucinho; AOL – área de olho de lombo; PP – peso de pernil; RP – rendimento de pernil.

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ( $P > 0,1$ ) pela análise de contraste.

Tabela 7. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características de carcaça, de acordo com equações de predição <sup>(1)</sup>, de suínos abatidos aos 89 e aos 128 kg.

Peso, kg	Características de carcaça <sup>(2)</sup>					
	PC, kg	ETUPC, mm	PLUPC, mm	CM, %	CM, kg	IB, %
89	64,2 <sup>b</sup>	11,8 <sup>b</sup>	55,7 <sup>b</sup>	61,4 <sup>a</sup>	38,7 <sup>b</sup>	114,8 <sup>a</sup>
128	96,3 <sup>a</sup>	18,6 <sup>a</sup>	63,4 <sup>a</sup>	56,6 <sup>b</sup>	52,7 <sup>a</sup>	112,1 <sup>b</sup>
CV, %	2,6	20,0	9,6	4,4	4,6	2,8

<sup>1</sup> GUIDONI (2000).

<sup>2</sup> Peso da carcaça sem patas e cabeça; ETUPC / PLUC – espessura de toucinho e profundidade de lombo entre a última e penúltima costelas; CM – carne magra na carcaça; IB – índice de bonificação da carcaça

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ( $P > 0,1$ ) pela análise de contraste.

Ainda que o peso, a partir do qual começa a haver aumento na deposição de gordura pelos suínos, seja dependente de vários fatores (WHITTEMORE, 1993), a faixa de peso analisada no experimento, entre 89 e 128 kg, foi suficiente para que fosse observada piora na qualidade da carcaça. Porém, a porcentagem de carne magra de 56,6% dos animais pesados está dentro da variação de 53,5 a 57,5% de carne magra registrada nos frigoríficos que realizam a tipificação de carcaças, no estado de Santa Catarina, no ano de 2000 (FÁVERO, 2001). Além disso, a melhora no rendimento de carcaça, indicando crescimento menor das vísceras em relação ao tecido muscular dos suínos e principalmente, o aumento da quantidade de carne por animal abatido, são importantes para a melhora da produtividade na indústria frigorífica (ZAGURY, 2002).

### Avaliação econômica

Os dados referentes à avaliação econômica e a equação de predição da receita bruta, em função dos níveis de restrição alimentar, estão indicados na Tabela 8 e Figura 4, respectivamente.

Tabela 8. Valores médios e coeficientes de variação (CV) do custo de alimentação e das receitas bruta e líquida obtidas por suíno, dos 89 aos 128 kg, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Valores, R\$	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
Custo kg de ração	0,410	0,399	0,388	0,377	0,367			
Custo alimentação	52,73	53,40	52,97	53,56	56,58	7,1	-	>0,1
Receita bruta	120,94	122,60	123,77	129,39	131,22	8,0	Linear	<0,05
Receita líquida	68,21	69,23	70,78	75,81	74,64	15,5	-	>0,1

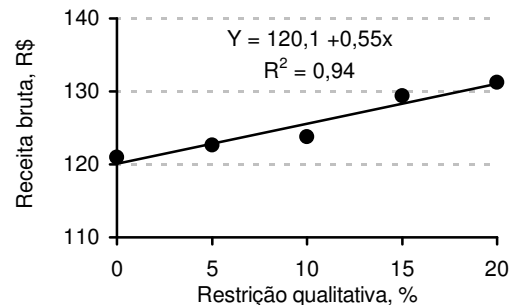


Figura 4. Receita bruta obtida por suíno, dos 89 aos 128kg, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Embora os animais submetidos à restrição qualitativa tenham consumido mais ração para atingirem o mesmo peso, não foi observado efeito ( $P > 0,1$ ) sobre o custo de alimentação dos suínos, pois o custo do kg da ração foi reduzido com a inclusão da casca de arroz. Devido à melhora do índice de bonificação, o valor obtido pelas carcaças e, portanto, a receita bruta obtida por elas, aumentou ( $P < 0,05$ ) com o emprego da restrição qualitativa.

Por outro lado, a receita líquida não foi influenciada ( $P > 0,1$ ) pela restrição qualitativa, ainda que numericamente tenha sido observado aumento dessa variável.

Deve-se levar em consideração que a receita líquida depende tanto do valor de venda do suíno, quanto do valor dos ingredientes das dietas, muito variáveis ao longo do tempo.

Nesse sentido, conforme indicado na Tabela 9, o preço do quilograma do milho foi o fator mais relacionado ( $P < 0,01$ ) com a lucratividade da restrição qualitativa. Como indicado na Figura 5, em que os valores de P, para efeito linear da restrição qualitativa sobre a receita líquida, estão dispostos em função do preço do milho, cotações desse grão, acima de R\$ 0,44/kg, tornaram significativo o aumento da receita líquida com o uso da restrição qualitativa.

Tabela 9. Análise de regressão linear múltipla do valor de P, para aumento linear da receita líquida de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa e os preços do quilograma do milho, farelo de soja e suíno.

Fator, R\$/kg	R2	Valor de F	P
milho	84,0	47,1	<0,01
farelo de soja	3,9	2,6	0,15
suíno	7,3	10,3	0,02

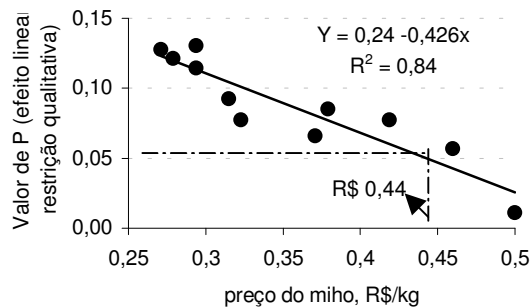


Figura 5. Valores de P para efeito linear da restrição qualitativa sobre a receita líquida por suíno abatido, em função dos preços do milho observados no período de novembro/2002 a outubro/2003.

Uma vez que as projeções foram realizadas, sendo mantido constante o preço da casca de arroz em R\$ 0,11 / kg, pode-se inferir que o preço do milho quatro vezes ou mais, acima do custo da casca de arroz, tornou viável a utilização da restrição alimentar qualitativa

**Conclusões**

O maior peso de abate proporcionou maior rendimento industrial das carcaças, porém, levou à piora de sua qualidade, ainda que dentro de limites aceitos pelo mercado. A restrição alimentar qualitativa foi eficiente em restringir o consumo energético dos suínos pesados, reduzindo o efeito negativo do maior peso dos animais sobre o rendimento de carne magra. Ainda que tenha piorado o ganho de peso, a restrição qualitativa melhorou a utilização da energia dietética, mostrando-se viável economicamente, em função dos preços dos ingredientes, principalmente do milho.

### **CAPÍTULO 3. RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS PESADOS**

**RESUMO** – O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) de restrição alimentar qualitativa – redução do teor de energia digestível - sobre características qualitativas e composição lipídica do músculo *Longissimus* de suínos abatidos aos 128 kg, bem como avaliar o efeito do peso (89 e 128 kg) sobre tais parâmetros. Foram utilizados 60 suínos machos castrados ( $89,1 \pm 4,2$  kg), dos quais 10 foram abatidos no início do experimento, e 50 foram alimentados com as dietas experimentais, até atingirem o peso médio de 128 kg. Os níveis de restrição qualitativa proporcionaram aumento ( $P=0,05$ ) do  $pH_{45'}$  e redução ( $P<0,05$ ) das colorações vermelha e amarela da carne. Houve redução linear ( $P<0,05$ ) do teor de colesterol e resposta quadrática ( $P=0,09$ ) do teor de ácido oléico no *Longissimus* dos suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa, sendo observado o valor máximo desse ácido graxo a 12,5% de restrição. A carne dos suínos com 128 kg apresentou maior ( $P<0,05$ )  $pH_{45'}$ , perdas por cocção e valores de  $a^*$  e  $b^*$ ; menor ( $P<0,05$ ) capacidade de retenção de água e força de cisalhamento; maior ( $P<0,05$ ) teor dos ácidos graxos monoinsaturados e menor ( $P<0,05$ ) teor de ácidos graxos polinsaturados. A restrição qualitativa não conferiu atributos negativos à carne dos suínos e melhorou a composição lipídica da carne, sob o ponto de vista da nutrição humana, principalmente ao redor de 12,5% de restrição. Suínos mais pesados apresentaram carne mais vermelha e mais macia, sendo importante a confirmação dessas observações em trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** coloração, fibra, maciez, ômega 3, perfil de ácidos graxos, valor nutricional

## **Introdução**

O peso de abate dos suínos vem aumentando ao longo dos últimos anos (AUSTRALIAN PORK LIMITED, 2001), inclusive no Brasil. O sistema de tipificação valoriza carcaças mais pesadas, desde que não haja excesso na deposição de gordura pelo animal (FÁVERO et al., 1997), porém suínos mais pesados tendem a apresentar mais gordura em suas carcaças (WHITTEMORE, 1993).

A redução da ingestão energética pelos suínos diminui a gordura nas carcaças, mas pode alterar aspectos qualitativos da carne (ELLIS, 1996), principalmente aqueles relacionados com a gordura intramuscular da carne (PETIGREW & ESNAOLA, 2001).

A restrição alimentar qualitativa tem por base a inclusão de ingredientes de baixa densidade energética às dietas, objetivando diminuir o consumo de energia pelos suínos (RAMONET et al., 1999). No entanto, variações na quantidade e no tipo de dieta podem interferir na composição da carne suína (LESKANICH et al., 1997; CAMERON et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características qualitativas da carne de suínos, alimentados com níveis de restrição alimentar qualitativa, desde os 89 kg até os 128 kg, bem como avaliar a qualidade da carne de animais abatidos aos 89 kg e aos 128 kg.

## **Material e Métodos**

### *Instalações, animais e dietas experimentais*

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal. Foram utilizados 60 suínos machos castrados, oriundos de granja comercial e alojados em baias individuais (2,55m<sup>2</sup>), equipadas com cochos semi-automáticos e bebedouros em nível. Após duas semanas de adaptação, quando atingiram o peso de 89,1 ± 4,2 kg, um grupo de 10 animais, com peso mais próximo à média, foi enviado ao abate, enquanto os demais animais foram alimentados com dietas experimentais, conforme indicado na Tabela 1, formuladas para fornecer níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) de restrição alimentar qualitativa, doravante denominada restrição qualitativa.

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais.

Ingrediente, %	Restrição qualitativa, %				
	0	5	10	15	20
Milho	83,99	78,67	73,36	68,04	62,73
Farelo de soja	14,34	14,77	15,20	15,63	16,06
Casca de arroz <sup>(1)</sup>	-	4,94	9,83	14,72	19,60
Calcário calcítico	0,767	0,745	0,723	0,702	0,680
Fosfato bicálcico	0,300	0,319	0,337	0,356	0,375
Sal comum	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Suplemento mineral <sup>(2)</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento vitamínico <sup>(2)</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
-----					
Nutrientes <sup>(3)</sup>					
Energia digestível, kcal/kg	3407	3240	3060	2890	2720
Proteína bruta, %	13,7	13,6	13,5	13,4	13,2
Lisina dig., %	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Cálcio, %	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Fósforo disponível, %	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Fibra bruta, %	2,5	4,3	6,2	8,0	9,9

<sup>1</sup> Produto finamente moído, utilizado como veículo em suplementos vitamínicos, com valores de energia e lisina digestíveis e fósforo disponível considerados como nulos e demais valores nutricionais de acordo com EMBRAPA (1991);

<sup>2</sup> Níveis de garantia por kg de ração: Fe – 60,0 mg; Cu – 52,5 mg; Mn – 30,0 mg; Zn – 60 mg; Co – 0,54 mg; I – 1,26 mg; Se – 0,18 mg; Vitaminas A – 3.750 UI; D<sub>3</sub> – 750 UI; E – 11,25 mg; K<sub>3</sub> - 1,5 mg; B<sub>2</sub> – 2,7 mg; B<sub>12</sub> - 10,5 µg; Pantotenato de Cálcio - 4,5 mg; Niacina – 15 mg; Biotina - 0,075 mg; Colina – 75 mg; Antioxidante – 37,5 mg;

<sup>3</sup> Composição nutricional dos ingredientes de acordo com ROSTAGNO et al. (2000), e níveis nutricionais indicados pelo *software* do NRC (1998), considerando-se machos castrados com capacidade de deposição de tecido magro de 375 g/dia e com 107,5 kg (média entre 90 e 125 kg).

Durante o período de duas semanas de adaptação os animais foram alimentados com dieta à base de milho e farelo de soja, contendo 3400 kcal de ED/kg, 0,63; 0,47 e 0,17% de lisina digestível, cálcio e fósforo disponível, respectivamente.

### *Manejo e abate dos animais*

Os animais receberam água e ração à vontade, durante o período de adaptação e durante todo o período experimental. Os animais foram abatidos em lotes semanais, conforme atingiram peso ao redor de 128 kg (peso final), sendo formados ao todo cinco lotes, além do primeiro grupo abatido com 89 kg.

Após 12h de jejum sólido, os animais foram embarcados em caminhão com carroceria de madeira cujas repartições internas foram abertas ou fechadas, de acordo com o número de animais destinados ao abate, reduzindo a variação da densidade dos animais, no transporte ao frigorífico, entre os lotes semanais de abate. Embarque, transporte e desembarque no frigorífico tiveram duração de aproximadamente 2h. Os animais permaneceram em descanso durante 2h, quando, então, foram abatidos. Foi utilizado atordoamento com descarga elétrica, com posterior sangria, escalda, depilação e evisceração, sendo obtidas, assim, as carcaças. Esses procedimentos foram realizados da mesma maneira em todos os abates.

#### *Avaliação qualitativa da carne*

O pH foi mensurado no músculo *Longissimus* da carcaça quente, 45 minutos após o abate (pH<sub>45'</sub>), e, novamente mensurado, 24 horas depois (pH<sub>24h</sub>), tendo a carcaça permanecido, nesse período, em câmara fria (-2°C).

Uma amostra do músculo *Longissimus* de aproximadamente 20 cm foi colhida de cada animal, sendo retirada a camada de gordura adjacente ao músculo e levada ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, onde foram imediatamente realizadas as análises físicas da carne.

Após obtenção de cortes ( $\pm 2$  cm espessura) das amostras e exposição ao ar por 40 minutos, para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico (SHIMOKOMAKI, 2003), foi feita a mensuração da coloração (colorímetro *MINOLTA*®), sendo obtidos os valores de L\* (indicação da claridade), a\* (indicação do teor de vermelho) e b\* (indicação do teor de amarelo) da carne. Os cortes foram levados ao forno para determinação das perdas por cocção. Em seguida, fragmentos cilíndricos dos cortes assados foram submetidos ao aparelho *TEXTURE ANALYZER TA-XT-125*®, para mensuração da força de cisalhamento (CORTE et al., 1979). Foi também mensurada a capacidade de retenção de água da carne crua, envolvendo fragmentos com cerca de 2 g da amostra, em papel filtro, e submetendo-os à pressão exercida por um peso de 2 kg (HAMM, 1986).

Porções das amostras do *Longissimus* foram mantidas congeladas (-20°C), até a realização das análises químicas da carne. Foram realizadas extrações lipídicas por solubilização em clorofórmio-metanol (2:1), sendo determinado o conteúdo de lipídeos totais (BLIGH & DYER, 1959), após secagem do extrato. Foi realizada a determinação do teor de colesterol na carne pela saponificação do extrato, obtido a partir da solubilização em clorofórmio:etanol (2:1), sendo, então, feita a leitura colorimétrica do colesterol (BRAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 2002).

Seguindo-se o mesmo procedimento da extração lipídica (BLIGH & DYER, 1959), foram obtidos os extratos posteriormente concentrados em rotoevaporador (60°C), sendo, então, realizada a esterificação dos ácidos graxos (BRAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 2002). Os extratos esterificados foram levados ao Laboratório de Bioquímica de Microorganismos de Plantas, do Departamento de Tecnologia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, onde foram analisados quanto ao perfil de ácidos graxos, pela injeção de 1 µL do extrato em cromatógrafo a gás (H<sub>2</sub>), com temperaturas inicial e final da coluna de 100 e 220°C, respectivamente, subindo na razão de 4°C por minuto. Foi utilizado, como referência de leitura dos ácidos graxos, o padrão SIGMA, catálogo 189-19.

#### *Delineamento experimental e análise estatística*

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças iniciais de peso, com cinco tratamentos (dietas experimentais) e 10 blocos por tratamento, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Os dados obtidos, após serem analisados quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro-Wilk a 5%) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene a 5%) entre os tratamentos, foram submetidos à análise de variância, utilizando o pacote *PROC GLM* do programa estatístico SAS (1998), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_1NR_i + b_2NR_i^2 + B_j + e_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$ : valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ ;

$\mu$ : constante geral;

$b_1$ : coeficiente de regressão linear dos níveis de restrição qualitativa;

$NR_i$ : níveis de restrição qualitativa  $i$  ( $i = 0, 5, 10, 15$  e  $20\%$ );

$b_2$ : coeficiente de regressão quadrática dos níveis de restrição qualitativa;

$B_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, \dots, 10$ );

$e_{ij}$ : erro associado ao valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ .

O peso final foi utilizado como co-variável no modelo, para todas as variáveis, enquanto que, para as características qualitativas da carne, o dia de abate foi considerado no modelo e, especificamente para a variável  $pH_{45}$ , a ordem de abate também foi utilizada como co-variável.

Para avaliar o efeito do peso do suíno, os dados de carcaça e parâmetros séricos dos animais abatidos no início do experimento, com peso ao redor de 89 kg, foram comparados por contraste com os dados referentes aos animais abatidos com peso ao redor de 128 kg, independente do nível de restrição qualitativa, utilizando o comando *CONTRAST* do pacote *PROC GLM* (SAS, 1998).

## Resultados e Discussão

Foram retirados do experimento dois suínos: um devido à presença de testículo retido na cavidade abdominal e outro em função de óbito. Os dados referentes ao perfil de ácidos graxos não apresentaram normalidade dos erros ( $P < 0,05$ ), sendo submetidos à transformação pelo arco-seno de sua raiz quadrada.

### *Propriedades físicas da carne*

Os dados referentes à qualidade da carne de suínos pesados, em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 2 e Figura 1.

Tabela 2. Valores médios e coeficientes de variação de características qualitativas da carne de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Característica qualitativa <sup>(1)</sup>	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
pH <sub>45'</sub>	6,18	6,24	6,27	6,28	6,33	3,5	Linear	0,055
pH <sub>24h</sub>	5,51	5,49	5,51	5,43	5,51	1,2	-	>0,1
L*	51,3	51,5	50,8	50,5	49,9	4,5	-	>0,1
a*	7,89	7,75	7,52	7,58	7,28	8,9	Linear	<0,05
b*	3,30	3,57	2,92	3,00	2,50	26,0	Linear	<0,05
CRA, %	63,5	64,0	66,1	64,8	65,6	3,8	-	>0,1
PPC, %	34,5	35,7	33,8	33,9	34,4	7,3	-	>0,1
FC, kgf/cm <sup>2</sup>	2,58	2,59	2,83	2,53	2,78	12,3	-	>0,1

<sup>1</sup> CRA – capacidade de retenção de água; PPC – perdas por cocção; FC – força de cisalhamento.

Apesar da atenção para a padronização do manejo pré-abate, foi observado efeito do dia ( $P < 0,01$ ), para as características qualitativas da carne, pois nem todas as variáveis puderam ser controladas, principalmente aquelas referentes às condições ambientais. De acordo com FAUCITANO (2000), as circunstâncias que envolvem o período de pré-abate são decisivas para a qualidade da carne dos animais. Desta forma, tornou-se importante a inclusão de dia de abate no modelo estatístico.

A restrição qualitativa promoveu aumento ( $P = 0,05$ ) do pH<sub>45'</sub> e redução ( $P < 0,05$ ) dos valores de a\* e de b\* do lombo dos suínos. As demais variáveis não responderam ( $P > 0,1$ ) aos níveis de restrição qualitativa.

Após o abate, ocorre redução do valor do pH na carne, em virtude da formação de ácido lático, proveniente da degradação do glicogênio armazenado no músculo. Portanto, maiores reservas de glicogênio muscular, no momento do abate dos suínos, tendem a acelerar a queda do pH, sendo observados valores mais baixos para pH<sub>45'</sub> (PELOSO, 1998). Neste sentido, a restrição energética pode ter proporcionado menor reserva de glicogênio muscular, levando à mais lenta acidificação da carne, sendo observados valores mais altos do pH<sub>45'</sub>, com o aumento da restrição qualitativa.

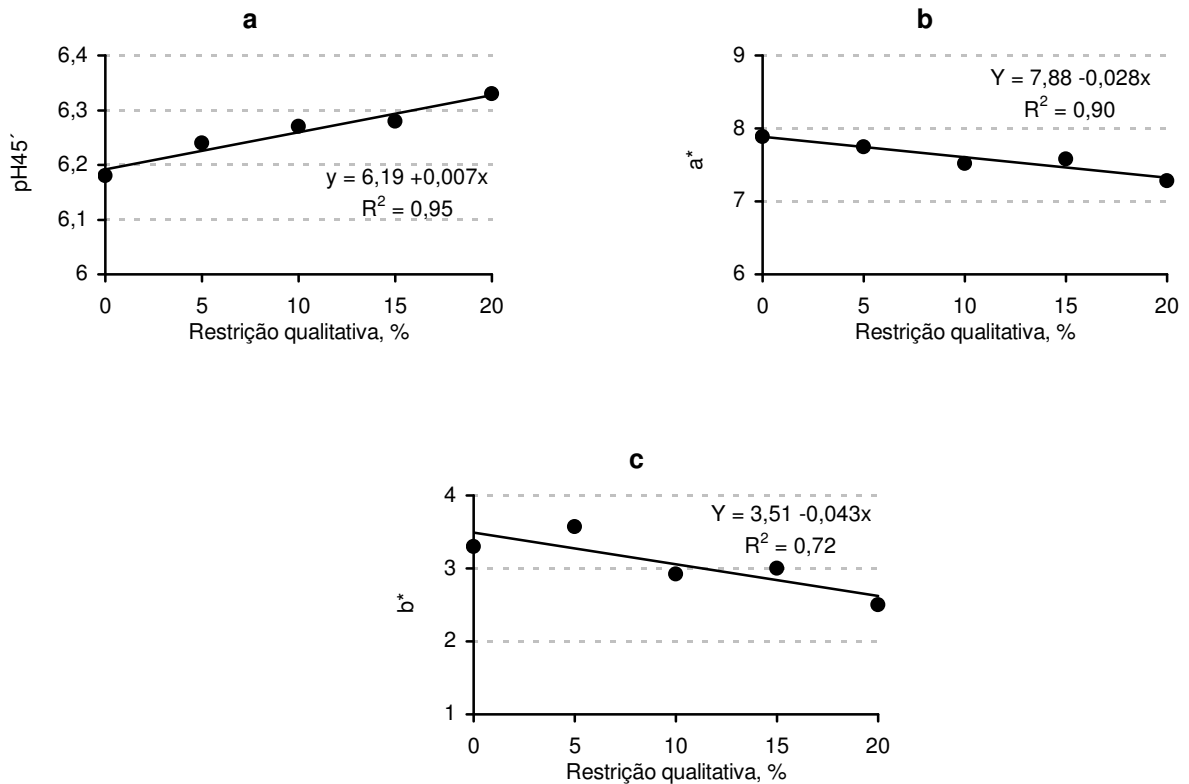


Figura 1. Valores de pH<sub>45</sub> (a), teor de vermelho - a\* (b) e de amarelo - b\* (c) da carne de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Valores de L\*, de a\* e de b\* dizem respeito à coloração da carne, de forma que altos valores dessas variáveis indicam, respectivamente, carne mais clara, mais vermelha e mais amarela (WARRIS, 1995). Portanto, níveis mais altos de restrição qualitativa reduziram a coloração da carne dos suínos. Considerando a relação direta entre concentrações de carotenóides dietéticos e a coloração da carne de frangos, observada por AKIBA et al. (2001) e PONSANO et al. (2004), a redução da coloração das carnes, observada no presente experimento, pode ter sido devida à diminuição dos pigmentos da dieta proporcionada pela inclusão da casca de arroz, em substituição ao milho, nas dietas experimentais.

Os dados referentes à qualidade física da carne de suínos, abatidos aos 89 e aos 128 kg, estão indicados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de características qualitativas do músculo *Longissimus* de suínos, abatidos aos 89 e aos 128 kg.

Peso, kg	Características qualitativas <sup>(1)</sup>							
	pH <sub>45'</sub>	pH <sub>24h</sub>	L*	a*	b*	CRA, %	PPC, %	FC, kgf/cm <sup>2</sup>
89	6,49 <sup>a</sup>	5,44 <sup>a</sup>	49,8 <sup>a</sup>	6,98 <sup>b</sup>	2,25 <sup>b</sup>	68,9 <sup>a</sup>	32,1 <sup>b</sup>	3,05 <sup>a</sup>
128	6,26 <sup>b</sup>	5,49 <sup>a</sup>	50,8 <sup>a</sup>	7,61 <sup>a</sup>	3,07 <sup>a</sup>	64,7 <sup>b</sup>	34,5 <sup>a</sup>	2,67 <sup>b</sup>
CV, %	4,2	2,8	4,4	11,4	29,8	3,4	8,3	12,6

<sup>1</sup> CRA – capacidade de retenção de água; PPC – perdas por cocção; FC – força de cisalhamento.

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ( $P > 0,1$ ) pela análise de contraste.

Foram observadas reduções ( $P < 0,05$ ) no valor do pH<sub>45'</sub>, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento, e aumento ( $P < 0,05$ ) dos valores de a\* e de b\* e de perdas por cocção, ao realizar o abate dos animais aos 128 kg, em relação àqueles abatidos aos 89 kg.

Como importantes indicadores da qualidade da carne, têm-se a acidez e a luminosidade da carne (GARRIDO et al., 1994): os valores de pH<sub>45'</sub> abaixo de 6,1 e de L\* acima de 60 indicam carne com tendência à condição PSE, que apresenta grande perda de água, em virtude da alteração das proteínas sarcoplasmáticas pela rápida acidificação muscular; valores de pH<sub>24h</sub> acima de 6,0 e de L\* abaixo de 48 indicam carne com tendência à condição DFD, que, por sua vez, apresenta grande retenção de água, devido à pequena redução no pH final da carne (WARRIS, 1995; NICOLAIEWSKY, 1998; FERNANDEZ et al., 1999).

Assim, ainda que todos os animais tenham apresentado valores de pH dentro do normal, suínos abatidos aos 128 kg apresentaram valores mais baixos de pH<sub>45'</sub> e carne com maior perda de água, características mais próximas da condição PSE, do que os animais abatidos aos 89 kg. No entanto, deve-se considerar que os abates dos animais mais pesados ocorreram em dias com valores de temperatura média, registrada próxima do momento do embarque, de 15,9 °C, enquanto que a temperatura registrada no embarque para o abate inicial foi de 11,1 °C e, de acordo com GUÁRDIA et al. (2004), o aumento da temperatura está relacionado com maior incidência da condição PSE em suínos, de forma que essas diferenças provavelmente sejam por causa das condições ambientais diversas entre os abates.

Por outro lado, a maior intensidade de coloração (valores de  $a^*$  e de  $b^*$ ) observada para os animais mais pesados, pode ser devida às diferenças na composição das dietas fornecidas na granja de origem, constituída principalmente por sorgo, e nas dietas de adaptação e experimentais, constituídas principalmente por milho, portanto, com maior conteúdo de carotenóides (SILVA et al., 2000). Porém, o efeito especificamente do peso não pode ser descartado, pois LATORRE et al. (2004) descreveram maior coloração vermelha na carne com o aumento do peso dos suínos, relacionando a coloração com a maior concentração de mioglobina no músculo de animais mais pesados.

Já a força de cisalhamento é inversamente proporcional à maciez da carne. Deste modo, animais mais pesados apresentaram carne mais macia. Embora os animais tenham sido alojados em baias individuais, o que poderia ter reduzido sua movimentação, a relação entre a área disponível para suínos e a maciez de sua carne não está bem esclarecida (GENTRY & GLONE, 2003). Além disso, CISNEROS et al. (1996) observaram, ainda que não significativamente, redução da força de cisalhamento da carne com o aumento do peso dos suínos. Desta forma, a maciez parece ter sido afetada diretamente pelo peso dos animais, a despeito das demais variáveis que podem ter sofrido efeito de outros fatores inerentes ao presente trabalho.

#### *Composição lipídica da carne*

Na Tabela 4 e Figura 2, estão indicadas as composições lipídicas da carne de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa. Foi observado comportamento quadrático ( $P=0,09$ ) para o ácido graxo oléico (18:1n9), sendo determinada sua maior concentração no nível de 12,5% de restrição qualitativa. Houve também redução linear ( $P<0,05$ ) do teor de colesterol no *Longissimus* dos animais, com o aumento dos níveis de restrição qualitativa, enquanto as demais variáveis analisadas não apresentaram resposta ( $P>0,1$ ) às dietas experimentais.

Tabela 4. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de ácidos graxos, lipídeos totais e colesterol no músculo *Longissimus* de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Variáveis	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
Ácido graxo, %								
14:0	1,31	1,40	1,38	1,43	1,39	6,8	-	>0,1
16:0	26,2	26,4	26,2	25,7	26,2	3,3	-	>0,1
16:1	3,59	3,67	3,57	3,77	3,56	6,2	-	>0,1
17:0	0,30	0,28	0,28	0,26	0,25	15,7	-	>0,1
17:1	0,25	0,24	0,21	0,24	0,23	15,1	-	>0,1
18:0	10,8	10,5	11,3	10,9	10,8	9,3	-	>0,1
18:1n9	36,9	36,4	40,1	40,3	37,5	5,8	Quadrática	0,09
18:1n7	3,97	3,81	4,04	4,07	3,72	3,9	-	>0,1
18:2n6	12,6	12,7	10,0	9,7	12,0	19,4	-	>0,1
18:3n3	0,20	0,19	0,19	0,20	0,18	18,6	-	>0,1
20:1	0,50	0,47	0,54	0,52	0,48	13,1	-	>0,1
20:3	0,31	0,35	0,22	0,24	0,33	23,9	-	>0,1
20:4	2,98	3,06	2,41	2,46	3,21	29,5	-	>0,1
Saturados	38,6	38,5	39,2	38,3	38,6	4,9	-	>0,1
Monoinsaturados	45,2	44,6	48,0	49,1	45,7	5,4	-	>0,1
Polinsaturados	16,1	16,9	12,8	12,6	15,7	21,0	-	>0,1
Insaturados / Saturados	1,62	1,61	1,57	1,62	1,61	6,7	-	>0,1
18:2n6 / 18:3n3	60,6	68,5	50,1	49,4	65,3	17,0	-	>0,1
Lipídeo total, %	3,36	3,39	3,23	3,65	2,86	32,5	-	>0,1
Colesterol, mg/100g	30,9	31,1	30,6	24,2	29,6	14,6	Linear	<0,05

Além da menor quantidade de colesterol, maiores níveis de ácidos graxos monoinsaturados presentes nos alimentos são indicados para a nutrição humana (GARNIER et al., 2003), sendo crescente o interesse dos consumidores por produtos que apresentem tais características (TARRANT, 1998). O ácido oléico é o ácido graxo monoinsaturado presente em maior quantidade no músculo *Longissimus*, ainda que o mesmo efeito quadrático não tenha sido observado sobre os monoinsaturados totais. Desta forma, os níveis de restrição qualitativa melhoraram a composição lipídica do músculo *Longissimus*, sob o ponto de vista da nutrição humana, pois reduziram a

concentração de colesterol e proporcionaram o valor máximo de ácido oléico aos 12,5% de restrição.

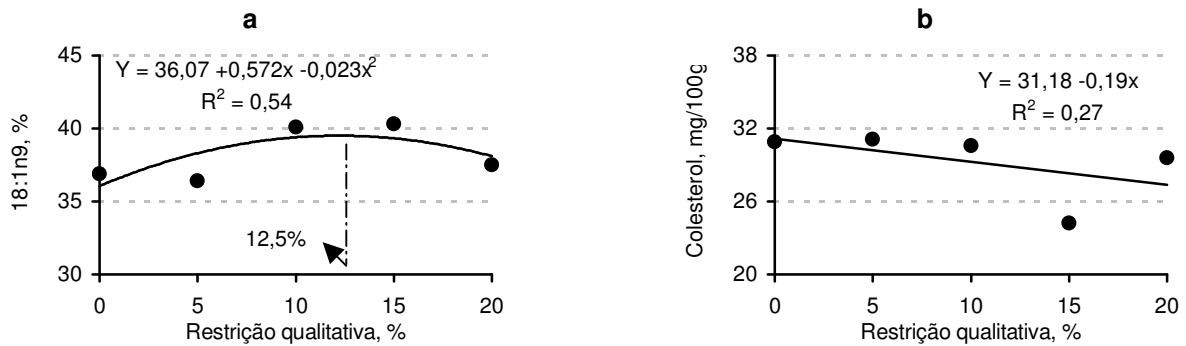


Figura 2. Valores de ácidos graxos oléico - 18:1n9 (a) e colesterol (b) no músculo *Longissimus* de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

O perfil de ácidos graxos da carne de suínos, aos 89 e aos 128 kg, está indicado na Tabela 5, enquanto que os teores de ácidos graxos saturados, mono e polinsaturados, relações entre ácidos graxos e teores de lipídeos totais e colesterol, da carne de suínos aos 89 e 128 kg, estão indicados na Tabela 6.

Tabela 5. Valores médios e coeficientes de variação (CV) de ácidos graxos do músculo *Longissimus* de suínos, abatidos aos 89 e 128 kg.

Peso, kg	Ácido graxo <sup>(1)</sup> , %												
	14:0	16:0	16:1	17:0	17:1	18:0	18:1 <sub>9</sub>	18:1 <sub>7</sub>	18:2 <sub>6</sub>	18:3 <sub>3</sub>	20:1	20:3	20:4
89	1,17 <sup>b</sup>	25,8 <sup>a</sup>	3,46 <sup>a</sup>	0,37 <sup>a</sup>	0,30 <sup>a</sup>	9,8 <sup>a</sup>	34,9 <sup>b</sup>	3,81 <sup>a</sup>	15,4 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,39 <sup>b</sup>	0,45 <sup>a</sup>	3,76 <sup>a</sup>
128	1,38 <sup>a</sup>	26,1 <sup>a</sup>	3,63 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,23 <sup>b</sup>	10,9 <sup>a</sup>	38,2 <sup>a</sup>	3,92 <sup>a</sup>	11,4 <sup>b</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,29 <sup>b</sup>	2,82 <sup>a</sup>
CV, %	6,8	3,3	6,2	15,7	15,1	9,3	5,6	3,4	19,4	18,6	13,0	23,4	29,5

<sup>1</sup> O número subscrito na denominação do ácido graxo indica a posição da primeira dupla ligação, por exemplo 18:1<sub>9</sub> indica 18:1n9.

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ( $P > 0,1$ ) entre si pela análise de contraste.

O lombo dos animais aos 128 kg apresentou valores mais altos ( $P < 0,05$ ) dos ácidos graxos mirístico (14:0), oléico e eicosanóico (20:1), enquanto que apresentou teores menores ( $P < 0,05$ ) dos ácidos heptadecanóico (17:0), cis-10-heptadecanóico (17:1), linoléico, linolênico e eicosatrienóico (20:3). O maior conteúdo em ácido oléico

repercutiu nos teores mais altos ( $P < 0,05$ ) de ácidos graxos monoinsaturados totais, na carne dos animais mais pesados. Da mesma forma, os vários ácidos graxos polinsaturados que tiveram seus níveis reduzidos nos suínos abatidos mais pesados, refletiram na redução ( $P < 0,05$ ) do teor total de polinsaturados nesses animais. Colesterol e lipídeos totais não foram alterados ( $P > 0,1$ ) pelo aumento de peso do abate.

Tabela 6. Valores médios e coeficientes de variação (CV) do somatório de ácidos graxos saturados (SAT), mono (MON) e polinsaturados (POL), suas relações e teores de lipídeos totais e colesterol no músculo *Longissimus* de suínos, abatidos aos 89 e 128 kg.

Peso, kg	Ácido graxo					Lipídeos totais, %	Colesterol, mg/100g
	SAT, %	MON, %	POL, %	INS / SAT <sup>(1)</sup>	$\Omega 6 / \Omega 3$ <sup>(1)</sup>		
89	37,2 <sup>a</sup>	42,9 <sup>b</sup>	20,2 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	56,7 <sup>a</sup>	3,04 <sup>a</sup>	30,7 <sup>a</sup>
128	38,6 <sup>a</sup>	46,5 <sup>a</sup>	14,8 <sup>b</sup>	1,61 <sup>a</sup>	58,8 <sup>a</sup>	3,31 <sup>a</sup>	29,6 <sup>a</sup>
CV, %	4,5	5,4	21,1	23,0	17,0	32,6	14,6

<sup>1</sup> INS / SAT – relação ácidos graxos insaturados : saturados;  $\Omega 6 / \Omega 3$  – relação ácido graxo linoléico : linolênico.

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem ( $P > 0,1$ ) entre si pela análise de contraste.

O teor de ácidos graxos polinsaturados está inversamente relacionado com o conteúdo de gordura intramuscular presente na carne (CAMERON et al., 2000). Considerando a tendência de suínos apresentarem maior deposição lipídica, tanto na camada subcutânea quanto no interior dos músculos, com o aumento do peso (CISNEROS et al., 1996), o abate dos animais mais pesados resultaria em alteração do perfil de ácidos graxos. Ainda que não significativo, os valores de lipídeos totais, na carne dos animais abatidos aos 128 kg, foram maiores que para aqueles abatidos aos 89 kg, com exceção dos animais submetidos às dietas formuladas com 20% de restrição qualitativa (Tabelas 4 e 6).

Além disso, o teor de polinsaturados do sorgo é maior que o do milho (FAO, 1995). Assim, a troca da alimentação entre a recebida na granja de origem dos suínos, à base de sorgo, e as dietas de adaptação e experimentais, à base de milho, pode ter repercutido em redução dos níveis de polinsaturados, nos animais abatidos com peso ao redor de 128 kg, pois o período total de alimentação com dietas contendo milho foi de seis a 11 semanas, tempo maior que as oito semanas descritas por SABARENSE

(2003), como suficientes para alteração do perfil de ácidos graxos depositados por ratos, em virtude de mudança dietética.

Sendo considerado importante fator determinante das características sensoriais da carne suína (FERNANDEZ et al., 1999), o teor de lipídeos totais da carne dos suínos, de ambos os pesos, encontra-se próximo dos valores observados por BRAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA (2002), para suínos no Brasil, estando acima dos teores de 2 a 3%, recomendados como mínimos necessários para conferir sabor e suculência à carne suína (WARRIS, 1995). Apesar dessa variável ter apresentado alto coeficiente de variação (32,5%), esse valor está próximo dos 33 e 31% reportados por BRAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA (2002) e FAUCITANO et al. (2004), respectivamente.

## **Conclusões**

A utilização da restrição qualitativa não proporcionou qualquer efeito deletério à qualidade da carne ou em sua composição química, tendo sido obtidos melhores resultados, sob o ponto de vista do valor nutricional da carne suína, com nível de restrição qualitativa ao redor de 12,5%. O abate de suínos mais pesados pode repercutir em alterações qualitativas na carne, porém, trabalhos devem ser direcionados a esse objetivo, na tentativa de melhor esclarecer esse efeito.

## **CAPÍTULO 4. ANÁLISE MORFOHISTOQUÍMICA DO MÚSCULO *MULTIFIDUS* DE SUÍNOS SUBMETIDOS A NÍVEIS DE RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA**

**RESUMO** - O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) de restrição alimentar qualitativa – teores de energia digestível de 3407, 3240, 3060, 2890 e 2720 / kg de ração - sobre as características morfohistoquímicas do músculo de suínos. Foram utilizados 50 suínos machos castrados ( $89,0 \pm 4,5$  kg), alimentados com as dietas experimentais, até atingirem peso ao redor de 128 kg, quando foram abatidos. Amostras do músculo *Multifidus* foram colhidas no momento do abate e analisadas quanto à frequência e área das fibras de contração lenta e metabolismo oxidativo (SO), contração rápida e metabolismo glicolítico (FG) e metabolismo oxidativo-glicolítico (FOG). Houve resposta quadrática ( $P=0,09$ ) da área das fibras SO e FG, em função da restrição qualitativa, sendo observados os maiores valores ao redor do nível de 12%. O músculo *Multifidus* apresentou maior ( $P<0,01$ ) proporção de fibras FG, em relação às fibras SO, e essas, maior ( $P<0,01$ ) proporção em relação às fibras FOG. A área das fibras FG foi maior ( $P<0,01$ ) que as áreas das fibras SO e FOG. Houve correlação negativa ( $P<0,05$ ) entre frequência das fibras FOG, área das fibras FOG e FG do músculo *Multifidus* e valor de  $a^*$ , capacidade de retenção de água e teor de colesterol do músculo *Longissimus*, respectivamente. Foi observada correlação negativa entre frequência das fibras FOG e conteúdo de lipídeos totais. A restrição qualitativa na fase de terminação não alterou o padrão das fibras musculares, mas proporcionou aumento de sua área. O músculo *Multifidus* caracterizou-se por alta frequência de fibras SO e apresentou correlações com a qualidade do músculo *Longissimus*.

**Palavras-chave:** ATPase, carne, fibra na dieta, NADH-TR, qualidade de carne, restrição energética

## Introdução

As fibras musculares nos animais podem ser classificadas em função da velocidade de contração da miosina e do tipo de metabolismo, sendo denominadas fibras de contração lenta e metabolismo oxidativo – SO; contração rápida e metabolismo glicolítico – FG; e contração rápida e metabolismo misto – FOG (PETER et al., 1972).

Condições estabelecidas no período pré-natal, como a nutrição da matriz gestante (DWYER et al., 1994), a genética (KLOSOWSKA & FIEDLER, 2003) e o sexo (BEE, 2004) dos suínos têm efeito sobre a frequência e tamanho dos tipos de fibra muscular. No entanto, modulações nas fibras musculares, durante o crescimento dos animais, ainda não estão bem definidas, sendo obtidos variados resultados em situações de restrição alimentar (LEFAUCHEUR & GERRARD, 2000).

Vários músculos têm sido estudados quanto às características morfohistoquímicas, principalmente o músculo *Longissimus*. No entanto, a colheita rápida de amostras do lombo em abatedouros comerciais torna-se difícil, devido à necessidade de corte transversal da carcaça para sua exposição. Já o músculo *Multifidus*, disposto paralelamente ao *Longissimus* e compondo o mesmo corte comercial (REUTER et al., 2002), é exposto na linha de abate dos suínos, ao ser realizado o corte longitudinal da carcaça, prática habitual em frigoríficos.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar as características morfohistoquímicas do músculo *Multifidus*, bem como o efeito de níveis de restrição alimentar qualitativa, sobre a proporção e área de suas fibras musculares, e suas correlações com as características qualitativas do músculo *Longissimus* de suínos.

## Material e Métodos

### *Instalações, animais e dietas experimentais*

Foram utilizados 50 suínos machos castrados oriundos de granja comercial, com peso de  $89,0 \pm 4,5$  kg, alojados em baias individuais no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal. Os animais

foram alimentados com dietas formuladas para fornecer níveis de restrição alimentar qualitativa, doravante denominada restrição qualitativa, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética das dietas experimentais.

Ingrediente, %	Restrição qualitativa, %				
	0	5	10	15	20
Milho	83,99	78,67	73,36	68,04	62,73
Farelo de soja	14,34	14,77	15,20	15,63	16,06
Casca de arroz <sup>(1)</sup>	-	4,94	9,83	14,72	19,60
Calcário calcítico	0,767	0,745	0,723	0,702	0,680
Fosfato bicálcico	0,300	0,319	0,337	0,356	0,375
Sal comum	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Suplemento mineral <sup>(2)</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento vitamínico <sup>(2)</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
-----					
Nutrientes <sup>(3)</sup>					
Energia digestível, kcal/kg	3407	3240	3060	2890	2720
Proteína bruta, %	13,7	13,6	13,5	13,4	13,2
Lisina dig., %	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Cálcio, %	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Fósforo disponível, %	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Fibra bruta, %	2,5	4,3	6,2	8,0	9,9

<sup>1</sup> Produto finamente moído, utilizado como veículo em suplementos vitamínicos, com valores de energia e lisina digestíveis e fósforo disponível considerados como nulos e demais valores nutricionais de acordo com EMBRAPA (1991);

<sup>2</sup> Níveis de garantia por kg de ração: Fe – 60,0 mg; Cu – 52,5 mg; Mn – 30,0 mg; Zn – 60 mg; Co – 0,54 mg; I – 1,26 mg; Se – 0,18 mg; Vitaminas A – 3.750 UI; D<sub>3</sub> – 750 UI; E – 11,25 mg; K<sub>3</sub> - 1,5 mg; B<sub>2</sub> – 2,7 mg; B<sub>12</sub> - 10,5 µg; Pantotenato de Cálcio - 4,5 mg; Niacina – 15 mg; Biotina - 0,075 mg; Colina – 75 mg; Antioxidante – 37,5 mg;

<sup>3</sup> Composição nutricional dos ingredientes de acordo com ROSTAGNO et al. (2000), e níveis nutricionais indicados pelo *software* do NRC (1998), considerando-se machos castrados com capacidade de deposição de tecido magro de 375 g/dia e com 107,5 kg (média entre 90 e 125 kg).

Os animais receberam água e ração à vontade, até atingirem o peso médio de 128 kg (peso final), quando foram, então, abatidos em lotes semanais, compostos por animais com peso próximo do estabelecido. Foram realizados cinco abates em frigorífico comercial, após os animais passarem por jejum sólido de 16h. Os animais foram atordoados por choque elétrico e, após a sangria, escalda, raspagem e

evisceração, as carcaças foram serradas longitudinalmente; depois de inspecionadas, foram realizadas as colheitas das amostras de músculo.

#### *Obtenção e preparo das amostras*

Com o auxílio de um bisturi, foram retiradas amostras em formatos cúbicos do músculo *Multifidus*, exposto pelo corte longitudinal da carcaça, entre a segunda e terceira vértebra lombar da meia carcaça direita. Em seguida, as amostras foram aparadas de modo a apresentarem aproximadamente as dimensões 0,5 x 0,5 x 0,8 cm, passadas em talco neutro para crioproteção (FONSECA et al., 2003) e submersas em nitrogênio líquido, sendo posteriormente acondicionadas em tubos tipo *ependorf* previamente identificados e resfriados. As amostras foram transportadas em botijão de nitrogênio líquido e mantidas congeladas em *freezer* a  $-70^{\circ}\text{C}$ , no Laboratório de Patologia Clínica, do Departamento de Patologia Veterinária da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

Posteriormente, foram realizadas secções semi-seriadas transversais de 10  $\mu\text{m}$  de espessura, em aparelho de criostato, a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Os cortes foram dispostos em lâminas histológicas identificadas e foram mantidas em *freezer* a  $-70^{\circ}\text{C}$ , até serem realizadas as colorações, dentro do período de uma semana.

As lâminas obtidas foram levadas ao Laboratório de Histologia do Departamento de Anatomia e Fisiologia Animal da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, onde foram realizadas as reações histoquímicas, para avaliação da velocidade de contração da miosina e tipo de metabolismo. Os cortes foram deixados à temperatura ambiente ( $22 - 25^{\circ}\text{C}$ ), durante 40 minutos, para secagem.

Para a avaliação da capacidade de contração da fibra muscular, foi utilizada a técnica da ATPase miofibrilar (m-ATPase). Os cortes foram fixados em formalina tamponada a 5%; 0,34 M de sacarose, 0,13 M de cacodilato de sódio e 0,17 M de cloreto de cálcio, ajustado para pH 7,4 com hidróxido de potássio, durante 6 minutos, à temperatura ambiente, e submetidos à lavagem em tampão TRIS-base a 21 mM; 3,4 mM de cloreto de cálcio e pH ajustado para 7,8 com ácido clorídrico (GUTH & SAMAHA, 1970). Foram submetidos, então, à pré-incubação ácida, em solução de

acetato de potássio, a 52 mM, contendo 17,7 mM de cloreto de cálcio, com pH ajustado para 4,5 com ácido acético glacial, durante 6 minutos, à temperatura ambiente (OLGIVIE & FEEBACK, 1990), sendo, em seguida, novamente lavados em tampão TRIS-base. Foi realizada a incubação básica em solução 2,5 mM ATP, 40 mM de glicina e 20 mM de cloreto de cálcio, com pH ajustado para 10,5 com hidróxido de potássio, durante 25 minutos, à temperatura de 37°C (ENNION et al., 1995). Os cortes foram então lavados em solução de cloreto de cálcio a 1% durante três minutos, e foi realizada a coloração com azul de toluidina a 1%, durante 10 segundos, sendo, em seguida, desidratados em soluções de concentrações crescentes de etanol, diafanizados em xilol e montados em entelan (OLGIVIE & FEEBACK, 1990).

Para a avaliação do metabolismo oxidativo-glicolítico celular, foi utilizada a técnica da Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Tetrazólio Redutase (NADH-TR), desenvolvida por PEARSE (1972) e modificada por DUBOWITZ & BROOKE (1973). Após a secagem, os cortes foram incubados a 37°C, durante 40 minutos, em solução tampão TRIS 0,2 M, com pH 7,4, e foram adicionados 8 mg de NADH forma reduzida e 10 mg de NitroBlueTetrazólio / 10 mL da solução. Depois de lavados em água destilada, foram fixados em solução de formalina tamponada 5% e, novamente, lavados em água destilada, sendo, então, montados em *entelan*.

Foram obtidas imagens dos cortes histológicos, utilizando-se fotomicroscópio<sup>1</sup>, e as mensurações realizadas com o auxílio de programa analisador de imagens<sup>2</sup>. De acordo com as reações positivas ou não, para cada uma das técnicas, foram realizadas as classificações das fibras musculares em SO, FG e FOG, como descrito na Tabela 2 e indicado na Figura 1.

---

<sup>1</sup> *Camedia Olympus 95-98ME, Olympus*

<sup>2</sup> *Image Pro Plus, Cybernetic*

Tabela 2. Classificação das fibras musculares em cortes histológicos do músculo *Multifidus* de suínos, de acordo com os resultados das reações enzimáticas pelas diferentes técnicas.

Classificação	Técnica	
	ATP-ase	NADH-TR
Contração lenta / metabolismo oxidativo (SO)	azul-claro	cinza-escuro
Contração rápida / metabolismo glicolítico (FG)	azul-escuro	cinza intermediário
Contração rápida / metabolismo misto (FOG)	azul-escuro	cinza-claro

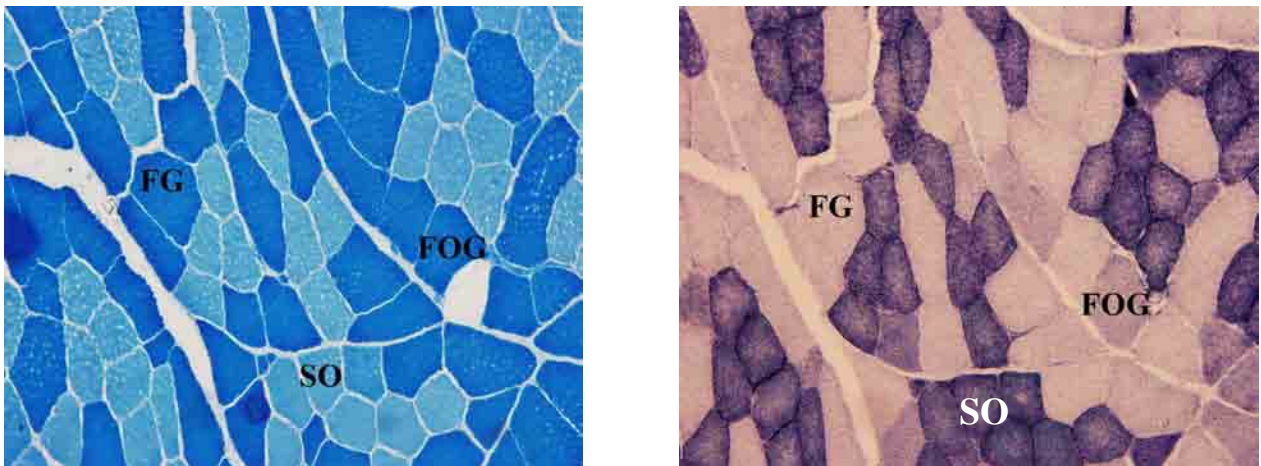


Figura 1. Cortes transversais do músculo *Multifidus* de suínos e indicações dos tipos de fibra de contração lenta e metabolismo oxidativo (SO), contração rápida e metabolismo glicolítico (FG) e intermediário (FOG). À esquerda, reação para ATP-ase (fibra de contração rápida em azul-escuro) e à direita, reação para NADH-TR (fibra de metabolismo oxidativo em cinza-escuro). Aumento de 20 x.

### Variáveis analisadas

As áreas das secções transversais das fibras foram mensuradas, em  $\mu\text{m}^2$ , fazendo-se a avaliação de 25 unidades para cada tipo de fibra por amostra. Foi também determinada a freqüência dos tipos de fibra, calculando-se a porcentagem de cada fibra em relação ao número total de fibras presentes, por campo microscópico avaliado, em aumento de 20x, tendo sido avaliados quatro campos cujas áreas mediram  $584.957,2 \mu\text{m}^2$ .

### *Delineamento experimental e análise estatística*

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças iniciais de peso, com cinco tratamentos (dietas experimentais) e 10 blocos por tratamento, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Os dados obtidos, após serem analisados quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro-Wilk a 5%) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene a 5%) entre os tratamentos, foram submetidos à análise de variância, utilizando o pacote *PROC GLM* do programa estatístico SAS (1998), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_1NR_i + b_2NR_i^2 + B_j + e_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$ : valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ ;

$\mu$ : constante geral;

$b_1$ : coeficiente de regressão linear dos níveis de restrição qualitativa;

$NR_i$ : níveis de restrição qualitativa  $i$  ( $i = 0, 5, 10, 15$  e  $20\%$ );

$b_2$ : coeficiente de regressão quadrática dos níveis de restrição qualitativa;

$B_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, \dots, 10$ );

$e_{ij}$ : erro associado ao valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ .

O peso final foi utilizado como co-variável no modelo.

Foram realizadas comparações das áreas dos diferentes tipos de fibra em cada animal, utilizando-se o teste t de Student para médias pareadas e, também, foram realizadas análises de correlação entre as variáveis obtidas neste trabalho, com valores para características de qualidade da carne do músculo *Longissimus*, obtidas para os mesmos animais, conforme descritas no Capítulo 3.

## Resultados e Discussão

Foram retirados das análises seis animais, em virtude de apresentarem valores muito distantes dos demais e/ou inviabilidade na leitura dos cortes histológicos, comprometendo a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ), e um devido a óbito. Os dados referentes à variável “freqüência das fibras SO” não apresentaram normalidade dos erros ( $P < 0,05$ ) e foram, portanto, submetidos à transformação pelo arco-seno de sua raiz quadrada.

Os dados referentes à freqüência e área das secções transversais dos tipos de fibra, no músculo *Multifidus* de suínos, e as equações de predição, em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 3 e Figura 2, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) das características morfohistoquímicas do músculo *Multifidus* de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Característica	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
Freqüência das fibras, %								
SO <sup>(1)</sup>	27,5	30,9	32,1	31,5	30,4	12,4	-	>0,1
FG	58,8	56,1	52,1	55,3	54,0	11,4	-	>0,1
FOG	13,7	13,1	15,8	13,2	15,6	38,1	-	>0,1
Área das fibras, $\mu\text{m}^2$								
SO	4256	5944	4829	5639	5016	25,1	Quadrática	0,09
FG	7874	8902	8336	9456	8127	21,2	Quadrática	0,09
FOG	4622	4959	4873	5479	4810	19,2	-	>0,1

<sup>1</sup> SO – fibra de contração lenta e metabolismo oxidativo, FG e FOG – fibras de contração rápida e metabolismo glicolítico e oxidativo-glicolítico, respectivamente.

Não houve efeito das dietas ( $P > 0,1$ ) sobre a freqüência das fibras e área da fibra FOG. No entanto, houve resposta quadrática ( $P = 0,09$ ) para as áreas das fibras SO e FG.

Os suínos foram abatidos à medida que atingiram o peso de 128 kg, e os animais tiveram sua quantidade de carne na carcaça aumentada, em virtude da restrição, conforme descrito no Capítulo 2. Sendo o número de fibras musculares praticamente constante nos suínos a partir de seu nascimento (DWYER et al., 1994), o

aumento da massa muscular é devido, principalmente, ao processo de hipertrofia, com aumento da área celular (CARVALHO E RECO-PIMENTEL, 2001). Deste modo, constatou-se que a restrição qualitativa proporcionou maior desenvolvimento celular no músculo *Multifidus*, principalmente ao redor do nível de 12%, conforme indicado pelas equações quadráticas.

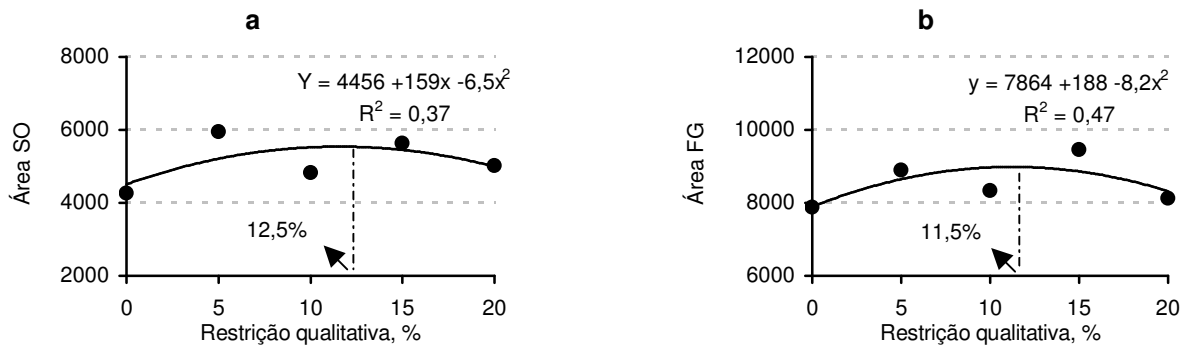


Figura 2. Áreas das fibras de contração lenta e metabolismo oxidativo SO (a) e de contração rápida e metabolismo glicolítico FG (b), em  $\mu\text{m}^2$ , do músculo *Multifidus* de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

No entanto, a restrição energética não alterou a frequência dos tipos de fibras presentes no músculo, nem tampouco proporcionou desenvolvimento diferenciado para os tipos celulares. Observando os dados da Tabela 3, notou-se a resposta semelhante aos níveis de restrição qualitativa também para a área absoluta do tipo FOG, ainda que estatisticamente sua variação, em função dos níveis, não tenha sido significativa.

De acordo com a revisão de LEFAUCHEUR & GERRARD (2000), restrições energéticas elevam a área das fibras, mas não alteram as proporções entre os tipos celulares, pelo menos nas fases de crescimento e terminação dos suínos. Mesmo a restrição de alimento na segunda semana de idade não alterou as características morfohistoquímicas do músculo em frangos (SARTORI et al., 2001), enquanto GONDRET et al. (2000) não observaram efeito da restrição alimentar para coelhos, em fase de acabamento, sobre a área seccional das fibras, porém, relataram redução da

proporção de fibras oxidativas no músculo *Longissimus*, mas não nos outros músculos avaliados, *bíceps femoris* e *semimembranosus*, dos animais alimentados sob restrição.

A resposta ao estímulo nutricional é, portanto, variada entre os músculos. Além disso, a maior restrição empregada no presente trabalho foi de 20%, inferior às restrições que proporcionaram alguma modulação celular nas outras espécies animais estudadas. Portanto, a intensidade da restrição, junto com a diversidade de respostas observadas nos diferentes músculos, podem justificar a ausência de resultados referentes à freqüência dos tipos de fibras.

Na Tabela 4, são mostrados os valores referentes a cada tipo de fibra, no músculo *Multifidus*, dos suínos.

Tabela 4. Valores médios de freqüência e área da secção transversal dos tipos de fibras do músculo *Multifidus* de suínos.

Tipo de fibra	Característica	
	Freqüência, %	Área, $\mu\text{m}^2$
SO <sup>(1)</sup>	30,6 <sup>b</sup>	5106 <sup>b</sup>
FG	55,0 <sup>a</sup>	8546 <sup>a</sup>
FOG	14,4 <sup>c</sup>	4901 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> SO – fibra de contração lenta e metabolismo oxidativo, FG e FOG – fibras de contração rápida e metabolismo glicolítico e oxidativo-glicolítico, respectivamente.

<sup>a, b, c</sup> Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $P > 0,05$ ) pelo teste t de Student para médias pareadas

Fibras de contração rápida e metabolismo glicolítico foram o mais abundante ( $P < 0,01$ ) tipo observado no *Multifidus*, porém, sua freqüência apresentou-se menor que a observada no *Longissimus* e na porção clara do *Semitendinosus* por BEE et al. (2004), bem como a freqüência das fibras de contração lenta foi maior ( $P < 0,01$ ) do que as fibras FOG, o que não foi observado em nenhum dos músculos avaliados pelos referidos autores, mesmo na porção escura do *Semitendinosus*. Carnes mais vermelhas apresentam maior proporção de fibras oxidativas, enquanto carnes mais claras apresentam maior freqüência de fibras glicolíticas (BOWKER et al., 2000). O corte da carcaça suína denominado suã é composto pelo *Multifidus* e apresenta

coloração mais intensa que o lombo, havendo, assim, relação com as freqüências observadas.

A área seccional das fibras FG foi maior ( $P < 0,01$ ) que as áreas dos demais tipos, que não diferiram entre si ( $P > 0,1$ ). De forma geral, as fibras de metabolismo misto são consideradas de tamanho intermediário entre as fibras SO, menores, e as fibras FG, maiores (PICARD et al., 2002), o que não foi observado neste trabalho. No entanto, GENTRY et al. (2004) e BEE (2004) observaram variações musculares no tamanho proporcional das fibras, de modo que a área do tipo intermediário foi tanto muito próxima da fibra SO, como muito próxima do tipo FG.

A freqüência das fibras FOG do *Multifidus* foi positiva (0,37;  $P < 0,05$ ) e negativamente (-0,34;  $P < 0,05$ ) correlacionada com o valor de  $a^*$ , indicativo do teor de vermelho na carne, e com a concentração de lipídeos totais do *Longissimus*, respectivamente, enquanto que a área das fibras FG (-0,35) e FOG (-0,32) do *Multifidus* apresentaram correlação negativa ( $P < 0,05$ ) com o teor de colesterol e com a capacidade de retenção de água, respectivamente, do *Longissimus*. Características morfohistoquímicas musculares têm sido relacionadas com a qualidade da carne suína (BOWKER et al., 2000; PICARD et al., 2002), principalmente com respeito à susceptibilidade da carne à condição PSE. No entanto, apesar da relação observada no presente trabalho envolver músculos diferentes, as correlações observadas foram mais altas que aquelas descritas por KLOSOWSKA & FIEDLER (2003), com valores entre 0,10 e 0,21, para avaliações realizadas no músculo *Longissimus*.

Relações negativas e positivas, entre fibras glicolíticas e a capacidade de retenção de água e o conteúdo de gordura intramuscular, foram relatadas na revisão de KLONT et al. (1998), concordando em parte com as correlações observadas no presente trabalho. Fibras FOG apresentam características intermediárias entre as fibras SO, vermelhas e com reservas energéticas lipídicas e as fibras FG, brancas e com reservas energéticas glicogênicas (PICARD et al., 2002).

No entanto, as relações entre diferentes músculos fazem sentido se as variações, para as características observadas no *Multifidus*, forem também observadas no *Longissimus*. As características morfohistoquímicas dos músculos são dependentes

de sua localização e função exercida (LEFAUCHEUR & GERRARD, 1998). Os músculos *Multifidus* e *Longissimus* são adjacentes na região lombar, estando o primeiro localizado mais próximo da coluna vertebral e exercendo função exclusiva de sua sustentação, enquanto que o segundo é responsável por movimentações laterais, de extensão e flexão da coluna (UNIVERSITY OF NEBRASKA, sem data), o que contribuiria para diferenciações entre esses músculos. Por outro lado, vale notar, na Figura 1, a distribuição das fibras FG e FOG ao redor das fibras SO, formando arranjo em *cluster*, como observado no *Longissimus* (FONSECA et al., 2003).

### **Conclusões**

A restrição energética não alterou o padrão das fibras musculares no músculo *Multifidus* de suínos, porém, levou ao aumento da área das fibras em geral. O músculo *Multifidus* apresentou proporção relativamente baixa de fibras FG e alta de fibras SO, configurando-se como músculo de coloração vermelha. Houve correlação entre características morfohistoquímicas e a qualidade da carne de músculo diferentes, a despeito de variações em suas funções e composições.

## **CAPÍTULO 5. RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS PESADOS: DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS E PESO DOS ÓRGÃOS DO TRATO DIGESTÓRIO**

**RESUMO** – Foi realizado um ensaio de digestibilidade, com posterior abate dos animais, para avaliar o efeito de níveis crescentes de restrição alimentar qualitativa, utilizando casca de arroz como ingrediente diluidor, sobre a digestibilidade das dietas e peso dos órgãos do trato digestório dos animais. Foram utilizados 50 suínos machos castrados ( $89,0 \pm 4,5$  kg) e cinco dietas experimentais, com níveis de restrição qualitativa de 0, 5, 10, 15 e 20%. Houve redução linear ( $P < 0,01$ ) para todos os coeficientes de digestibilidade, com exceção da fibra em detergente ácido corrigida para cinza (FDAC), que apresentou resposta quadrática. Os teores de energia e de FDNc digestíveis apresentaram, respectivamente, redução ( $P < 0,01$ ) e aumento ( $P < 0,01$ ) lineares, enquanto os teores de proteína e extrato etéreo digestíveis apresentaram resposta quadrática ( $P < 0,01$ ), para os níveis de restrição qualitativa. Houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) do peso do estômago e redução linear ( $P < 0,05$ ) do peso do ceco e do fígado, em função dos níveis de restrição qualitativa. A fibra presente na casca de arroz apresentou pouca digestibilidade, reduzindo eficientemente o conteúdo energético das dietas e promovendo, assim, a restrição qualitativa, porém, interferiu na digestibilidade da proteína de outros ingredientes. A inclusão da casca de arroz aumentou o volume da dieta, refletindo em aumento do peso do estômago, porém, não estimulou o desenvolvimento do trato intestinal. A menor energia das dietas proporcionou menor ingestão energética, refletindo em redução do peso do fígado.

**Palavras-chave:** diluição energética, fibra fermentável, fibra insolúvel, subproduto agrícola

## **Introdução**

A produção de suínos destinados ao abate com maior peso deve considerar estratégias nutricionais que controlem a deposição de gordura na carcaça. Para tanto, o controle do consumo de energia é importante (WHITTEMORE, 1993). A inclusão de ingredientes de baixo valor calórico às dietas fornecidas aos animais poderia reduzir seu conteúdo energético, promovendo, assim, a restrição alimentar qualitativa para os suínos (MEAT AND LIVESTOCK COMMISSION, 2003).

Os ingredientes utilizados para este fim devem apresentar alta disponibilidade e baixo custo, geralmente constituindo-se em subprodutos resultantes do processamento de matérias-primas agrícolas, ricos em fibra. A produção nacional de arroz na safra 2003/2004 foi de 12,8 milhões de toneladas (CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2004) que, considerando a proporção de 20% de casca no produto (FAO, sem data), gerou cerca de 2,6 milhões de toneladas de casca de arroz nesse período.

Porém, a utilização de ingredientes fibrosos pode ter efeitos adversos sobre a digestibilidade das dietas, principalmente devido à composição da fibra e da categoria animal que a recebe (NOBLET & LEGOFF, 2001). A utilização da fibra em dietas para suínos torna-se mais interessante com o aumento do peso dos animais (NOBLET & VANMILGEN, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de níveis de restrição alimentar qualitativa, obtida pela inclusão de casca de arroz, sobre a digestibilidade das dietas, e peso dos órgãos do trato digestório de suínos pesados.

## **Material e métodos**

### *Instalações, animais e dietas experimentais*

Foram utilizados 50 suínos machos castrados ( $89,0 \pm 4,5$  kg), oriundos de granja comercial, trazidos ao Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, e alojados em baias individuais ( $2,55\text{m}^2$ ), sem contato entre eles. Os animais foram alimentados com dietas experimentais, formuladas para fornecer 0, 5, 10, 15 e 20% de restrição alimentar qualitativa,

doravante denominada restrição qualitativa, conforme indicado na Tabela 1. As dietas foram formuladas para conter os mesmos níveis de lisina digestível, cálcio e fósforo disponível. Os animais permaneceram no experimento até atingirem o peso de 128 kg, quando, então, foram abatidos.

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética determinada das dietas experimentais e da casca de arroz utilizada como ingrediente.

Ingrediente	Restrição qualitativa, %					Casca de arroz
	0	5	10	15	20	
Milho, %	83,99	78,67	73,36	68,04	62,73	-
Farelo de soja, %	14,34	14,77	15,20	15,63	16,06	-
Casca de arroz, %	-	4,94	9,83	14,72	19,60	-
Calcário calcítico, %	0,767	0,745	0,723	0,702	0,680	-
Fosfato bicálcico, %	0,300	0,319	0,337	0,356	0,375	-
Sal comum, %	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	-
Suplemento mineral <sup>(2)</sup> , %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	-
Suplemento vitamínico <sup>(2)</sup> , %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	-
Composição analisada <sup>(3)</sup>						
Energia bruta, kcal/kg	3957	3904	3924	3878	3851	3416
PB, %	13,6	13,4	13,4	13,1	13,1	2,0
Extrato etéreo, %	3,56	2,88	2,29	2,05	1,81	-
FDNc <sup>(4)</sup> , %	14,6	18,2	21,1	24,7	28,2	69,6
FDAc, %	4,53	7,84	10,1	12,9	16,1	56,1
Hemicelulose, %	10,1	10,4	10,9	11,8	12,2	13,5
Celulose, %	3,8	5,8	7,6	9,4	11,5	39,4
Lignina, %	1,0	1,7	2,6	3,4	4,3	16,6

<sup>1</sup> Produto finamente moído, utilizado como veículo em suplementos vitamínicos;

<sup>2</sup> Níveis de garantia por kg de ração: Fe – 60,0 mg; Cu – 52,5 mg; Mn – 30,0 mg; Zn – 60 mg; Co – 0,54 mg; I – 1,26 mg; Se – 0,18 mg; Vitaminas A – 3.750 UI; D<sub>3</sub> – 750 UI; E – 11,25 mg; K<sub>3</sub> - 1,5 mg; B<sub>2</sub> – 2,7 mg; B<sub>12</sub> - 10,5 µg; Pantotenato de Cálcio - 4,5 mg; Niacina – 15 mg; Biotina - 0,075 mg; Colina – 75 mg; Antioxidante – 37,5 mg.

<sup>3</sup> Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da UNESP/FCAV – Câmpus de Jaboticabal.

<sup>4</sup> FDNc (fibra em detergente neutro) e FDAc (fibra em detergente ácido), determinadas seqüencialmente e corrigidas para cinza.

### *Ensaio de digestibilidade*

No início da terceira semana experimental, foram adicionadas às dietas fornecidas aos animais, 0,4% de óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), utilizado como indicador da digestibilidade. Após três dias, foi realizada colheita de fezes diretamente do reto de todos os animais, duas vezes ao dia, durante três dias. As amostras obtidas foram pesadas, para serem incluídas nos cálculos de produção diária de dejetos e, então, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a  $-20^\circ\text{C}$ . Após o descongelamento, as amostras referentes a cada animal foram homogeneizadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada, a  $65^\circ\text{C}$ , durante 72h, sendo, posteriormente, processadas em moinho tipo “faca”, com peneira de malha a 1mm, acondicionadas em potes plásticos até o momento das análises.

As amostras foram então levadas ao Laboratório de Forragicultura e Pastagens, do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, onde foram realizadas as determinações de matéria seca, em estufa a  $105^\circ\text{C}$ , durante 6h, óxido crômico (FENTON & FENTON, 1979), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDNc) e ácido (FDAc), corrigidas para cinza (SILVA, 1990). As amostras também foram levadas ao Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, onde foram determinados a energia bruta (EB) e o extrato etéreo (EE), conforme indicado por SILVA (1990). As dietas experimentais foram analisadas, sendo determinados, também, os teores de celulose, hemicelulose e lignina (SILVA, 1990). Foram calculados coeficientes de digestibilidade (CD) da EB, PB, EE, FDNc e FDAc, bem como os teores desses nutrientes digestíveis de cada dieta, utilizando-se as fórmulas descritas por OETTING (2002), como segue:

$$\text{CD}_{\text{nutriente}} = \left( \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_3]_{\text{fezes}}}{[\text{Cr}_2\text{O}_3]_{\text{dieta}}} \right) \times \left( \frac{[\text{nutriente}]_{\text{dieta}}}{[\text{nutriente}]_{\text{fezes}}} \right)$$

$$\text{Nutriente digestível}_{\text{dieta}} = [\text{nutriente}]_{\text{dieta}} \times \text{CD}_{\text{nutriente}}$$

### *Avaliação do peso dos órgãos*

Os animais passaram por jejum sólido de 16h, previamente ao abate. Logo após o abate e evisceração dos animais, os órgãos do trato digestório foram separados. Estômago, intestino delgado, cólon e ceco foram esvaziados e, assim como fígado e pâncreas, foram pesados, conforme descrito por POND et al. (1988).

### *Delineamento experimental e análise estatística*

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças iniciais de peso, com cinco tratamentos (dietas experimentais) e 10 blocos por tratamento, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Os dados obtidos, após serem analisados quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro-Wilk a 5%) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene a 5%) entre os tratamentos, foram submetidos à análise de variância, utilizando o pacote *PROC GLM* do programa estatístico SAS (1998), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_1NR_i + b_2NR_i^2 + Bl_j + e_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$ : valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ ;

$\mu$ : constante geral;

$b_1$ : coeficiente de regressão linear dos níveis de restrição qualitativa;

$NR_i$ : níveis de restrição qualitativa  $i$  ( $i = 0, 5, 10, 15$  e  $20\%$ );

$b_2$ : coeficiente de regressão quadrática dos níveis de restrição qualitativa;

$Bl_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, \dots, 10$ );

$e_{ij}$ : erro associado ao valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ .

Para as variáveis referentes ao peso dos órgãos do trato digestório, o peso final foi utilizado como co-variável no modelo.

## **Resultados e Discussão**

### *Digestibilidade das dietas experimentais*

Foram retirados das análises quatro animais, devido à presença de diarreia e por apresentarem valores muito distantes das demais repetições, comprometendo a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ).

Na Tabela 2 e Figuras 1 e 2, estão indicados os valores de coeficientes de digestibilidade e de nutrientes digestíveis das dietas experimentais para suínos pesados, em função dos níveis de restrição qualitativa. Houve redução linear ( $P < 0,01$ ) de todos os coeficientes de digestibilidade com os níveis de restrição qualitativa, exceto o coeficiente de digestibilidade da FDA<sub>c</sub>, que apresentou resposta quadrática ( $P < 0,01$ ), porém, sem ponto de inflexão, sugerindo redução constante de seus valores com o aumento da restrição qualitativa. A energia digestível das dietas foi reduzida ( $P < 0,01$ ), e o FDN<sub>c</sub> digestível aumentou ( $P < 0,01$ ) linearmente com os níveis de restrição qualitativa. Tanto a proteína quanto o extrato etéreo digestível apresentaram resposta quadrática ( $P < 0,01$ ) e, embora 3,8% de restrição tenha proporcionado o maior valor de proteína digestível, conforme indicado pela equação quadrática, ambos os componentes dietéticos apresentaram evidente redução com o aumento dos níveis de restrição qualitativa.

A fibra dietética pode ser definida como a fração do alimento que não é digerida pelas enzimas produzidas pelo animal e passíveis de degradação por ação de microorganismos presentes no trato digestório, composta por polissacarídeos como celulose, hemicelulose, pectina, gomas e mucilagens (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2001). Além desses, compostos fenólicos, denominados de lignina, também são considerados componentes da fração fibra (SILVA, 1990).

Portanto, a inclusão de fibra às dietas de suínos, em substituição ao milho, proporciona piora na digestibilidade da matéria seca e da energia, devido à substituição

de componentes substratos para enzimas digestivas, como o amido, por outros não digeríveis pelas secreções animais.

Tabela 2. Valores médios e coeficientes de variação (CV) dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e nutrientes digestíveis de dietas para suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Nutriente	Restrição qualitativa, %, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
<i>Coefficiente de digestibilidade, %</i>								
Matéria seca	84,3	79,0	74,6	70,6	64,0	2,4	Linear	<0,01
Energia bruta	84,6	80,6	77,4	73,7	68,6	2,3	Linear	<0,01
Proteína bruta	77,7	76,5	76,5	74,1	72,2	4,1	Linear	<0,01
Extrato Etéreo	66,9	61,9	52,6	48,0	45,2	14,7	Linear	<0,01
FDNc <sup>(1)</sup>	59,1	50,3	43,9	40,7	33,3	8,8	Linear	<0,01
FDAc	46,4	39,5	25,9	21,4	18,9	23,0	Quadrática	0,02
<i>Nutriente digestível</i>								
Energia, kcal/kg	3344	3148	3037	2890	2643	2,4	Linear	<0,01
Proteína, %	10,4	10,3	10,3	10,0	9,4	4,3	Quadrática	<0,01
Extrato etéreo, %	2,33	1,76	1,19	1,09	0,81	14,5	Quadrática	<0,01
FDNc, %	10,0	10,5	10,4	11,3	10,8	7,8	Linear	0,01
FDAc, %	2,54	3,59	2,95	3,09	3,39	27,5	-	>0,1

<sup>1</sup> FDNc (fibra em detergente neutro) e FDAc (fibra em detergente ácido), determinadas seqüencialmente e corrigidas para cinza.

No entanto, a ação da fibra sobre a digestibilidade da matéria seca e da energia bruta das dietas, depende da fonte de fibra utilizada. Enquanto a inclusão de casca de café (OLIVEIRA et al., 2001a) à dieta de suínos reduziu a digestibilidade da matéria seca e da energia, o mesmo não foi observado com a inclusão de polpa cítrica (MEJÍA et al., 2001). As fibras apresentam diferentes capacidades de serem fermentadas pelos microorganismos do trato digestório, de forma que a pectina, importante componente da fibra da polpa cítrica, é altamente fermentável para suínos (KREUSER et al., 2002), e as cascas de café e de arroz apresentam alto conteúdo de celulose e lignina, proporcionando, assim, redução mais evidente na digestibilidade das dietas. A celulose é considerada como polissacarídeo componente da fibra de baixa fermentabilidade no trato digestório de suínos (DIERICK et al., 1989), e, de acordo com NOBLET &

LEGOFF (2001), a digestibilidade da energia é inversamente proporcional à presença de lignina nas dietas.

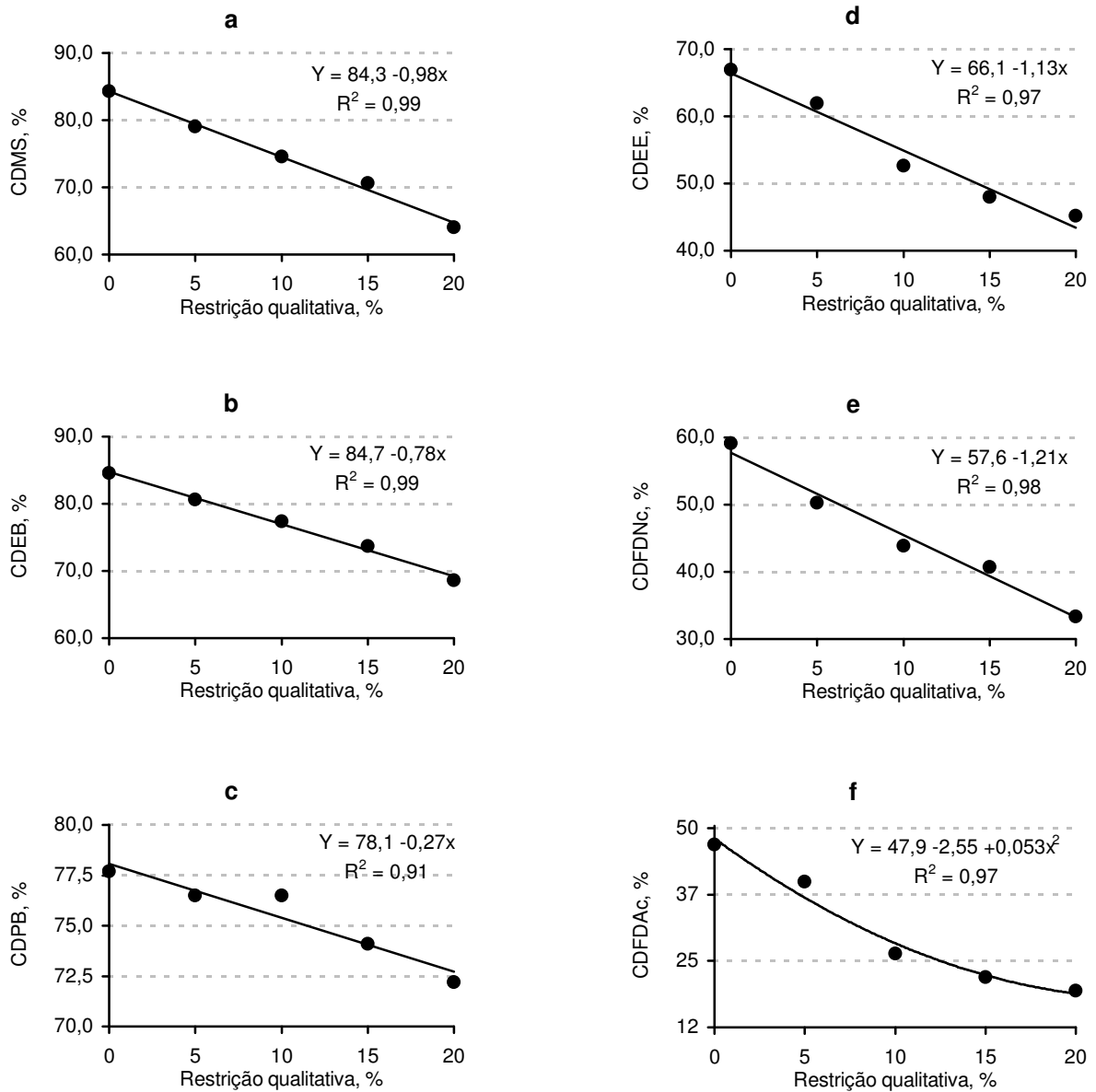


Figura 1. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca - CDMS (a), energia bruta – CDEB (b), proteína bruta – CDPB (c), extrato etéreo - CDEE (d) e fibra em detergente neutro - CDFDnc (e) e ácido - CDFDac (f), corrigidas para cinza, de dietas para suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa

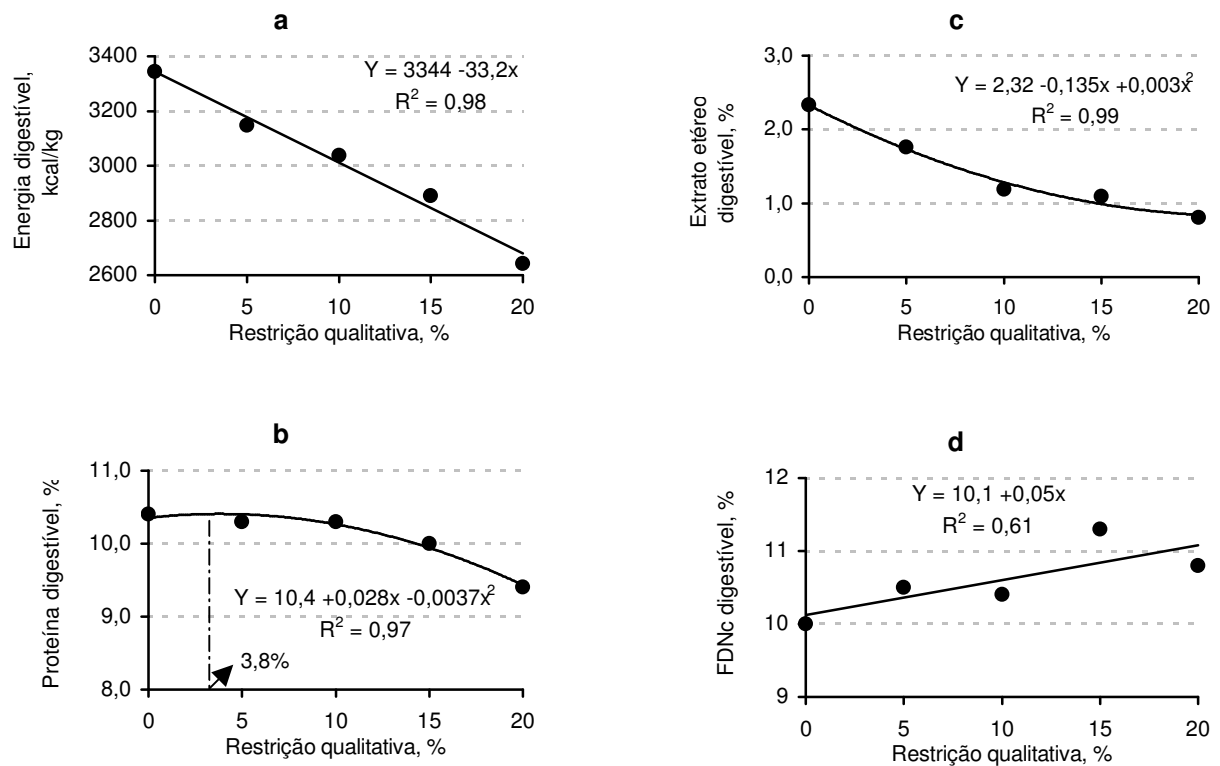


Figura 2. Valores de energia (a), proteína (b), extrato etéreo (c) e fibra em detergente neutro corrigida para cinza - FDNc (d) digestíveis de dietas para suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Portanto, a casca de arroz foi eficiente em reduzir o conteúdo calórico das dietas, sendo observada redução de praticamente 1% no conteúdo de energia digestível, para cada ponto percentual de restrição qualitativa. Desta forma, a casca de arroz apresentou valor nulo de energia digestível, conforme considerado na formulação das dietas.

A casca de arroz é composta em maior parte por fibra (Tabela 1), que, por sua vez, apresentou muito baixa digestibilidade, pois sua inclusão às dietas, de acordo com o nível de restrição qualitativa, proporcionou grande aumento no nível de fibra presente na dieta, mas praticamente não alterou os teores de fibra digestível. Para cada ponto percentual de restrição qualitativa, houve aumento de praticamente 0,7% no teor de FDNc das dietas, enquanto o teor de FDNc digestível aumentou apenas 0,05%. Da mesma forma, o teor de FDAc subiu de 4,5 para 16,1% entre as dietas com 0 e 20% de

restrição qualitativa, enquanto a FDAc digestível não apresentou diferenças entre as dietas. Além da presença de lignina, outro fator a ser considerado para a baixa digestibilidade da fibra da casca de arroz é a sílica, material inerte e resistente à digestão (BLAXTER et al., 1956) e inversamente relacionada à capacidade de ação de microorganismos sobre a celulose (POND, 1987). A casca de arroz apresentou teores de cinza ao redor de 16%, dos quais quase 95% podem constituir-se de sílica (SOUZA et al., 2002).

A restrição qualitativa também reduziu a digestibilidade da proteína. No entanto, ao contrário de HUANG et al. (2001), que observaram redução na digestibilidade ileal de aminoácidos com o aumento da proteína dietética ligada à fibra, a quantidade de proteína oriunda da casca de arroz, nas dietas experimentais, foi muito pequena. A fibra dietética pode interferir na digestibilidade protéica de outros componentes da dieta (DILGER et al., 2004). Fibras solúveis, compostas principalmente por parte da hemicelulose, gomas e mucilagens (SOUTHGATI & ENGLIST, 1985), provocam aumento da viscosidade do conteúdo intestinal e estimulam a fermentação mais intensamente que fibras insolúveis, reduzindo a ação enzimática sobre a proteína dietética e aumentando a atividade microbiana (JOHNSTON et al., 2003). No entanto, a composição da casca de arroz, com altos teores de FDN, lignina e sílica, caracterizam-na como fonte de fibra insolúvel, de forma que sua ação negativa sobre a digestibilidade protéica deva estar mais relacionada com o aumento na excreção de nitrogênio endógeno, conforme observado por SCHULZE et al. (1994), ao elevar o nível de FDN em dietas para suínos.

É importante considerar a magnitude do efeito da restrição sobre os parâmetros de digestibilidade. A redução do coeficiente de digestibilidade da proteína foi de 0,35%, para cada ponto percentual de restrição qualitativa, bem menor que a redução observada para os valores de energia digestível. Uma vez que a restrição qualitativa visa o controle da ingestão de energia, a menor interferência no aproveitamento da proteína dietética é interessante.

Por sua vez, o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo apresentou redução de 1,7%, para cada ponto percentual de restrição qualitativa. Portanto, a fibra

da casca de arroz também interferiu na digestibilidade dos óleos presentes em outros ingredientes da dieta, de maneira mais evidente que no caso da proteína. De acordo com NOBLET & LEGOFF (2001), óleos e gorduras são os principais componentes cujos processos digestivos são alterados pela presença da fibra insolúvel.

Como fator restritivo ao uso da casca de arroz na alimentação animal, além de seu efeito sobre a digestibilidade, poderia ser considerada a possibilidade de ocorrência de cálculos renais provenientes de alimentação com ingredientes ricos em sílica (RUSH & GROTELUESCHEN, 1996). No entanto, SZENTMIHÁLYI (1985) relatou que não foram observadas alterações no trato urinário de ovinos alimentados com casca de arroz durante 110 dias, período muito maior que o necessário para elevar o peso dos suínos de 89 para 128 kg. Além disso, lesões do trato digestório que poderiam ser provocadas pela casca, estão relacionadas à sua rigidez e forma, que são alteradas pelo processo de moagem.

#### *Peso dos órgãos do trato digestório*

Foram retirados quatro animais dessas análises, três em virtude de apresentarem valores muito distantes dos demais, comprometendo a homogeneidade de variâncias entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ), e um devido a óbito.

Os dados referentes aos pesos dos órgãos do trato digestório dos animais e suas equações de predição, em função do nível de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 3 e Figura 3, respectivamente. Houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) do peso do estômago e reduções lineares ( $P < 0,05$ ) dos pesos do ceco e do fígado, com os níveis de restrição qualitativa. Para as demais variáveis, não foi observado efeito ( $P > 0,1$ ) das dietas.

A densidade de um ingrediente é inversamente proporcional ao seu teor de FDN (GIGER-REVERDIN et al., 2004). Portanto, a inclusão de casca de arroz, com alto teor de FDN em relação aos outros ingredientes, conferiu maior volume às dietas com maior nível de restrição qualitativa. A quantidade de ração consumida diariamente pelos animais não diferiu entre os tratamentos; assim, o aumento dos níveis de restrição

qualitativa proporcionou ingestão de maior volume de ração, ocorrendo, então, maior desenvolvimento gástrico e aumento no peso do estômago.

Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para peso dos órgãos do trato digestório de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

Órgãos	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
Estômago, g	604	553	627	638	638	9,1	Linear	<0,05
Intestino delgado, g	1480	1260	1370	1450	1490	18,4	-	>0,1
Cólon, g	1630	1560	1510	1510	1490	14,0	-	>0,1
Ceco, g	281	311	282	269	254	16,7	Linear	<0,05
Pâncreas, g	168	171	174	183	172	16,9	-	>0,1
Fígado, g	1750	1660	1720	1590	1540	11,4	Linear	<0,05

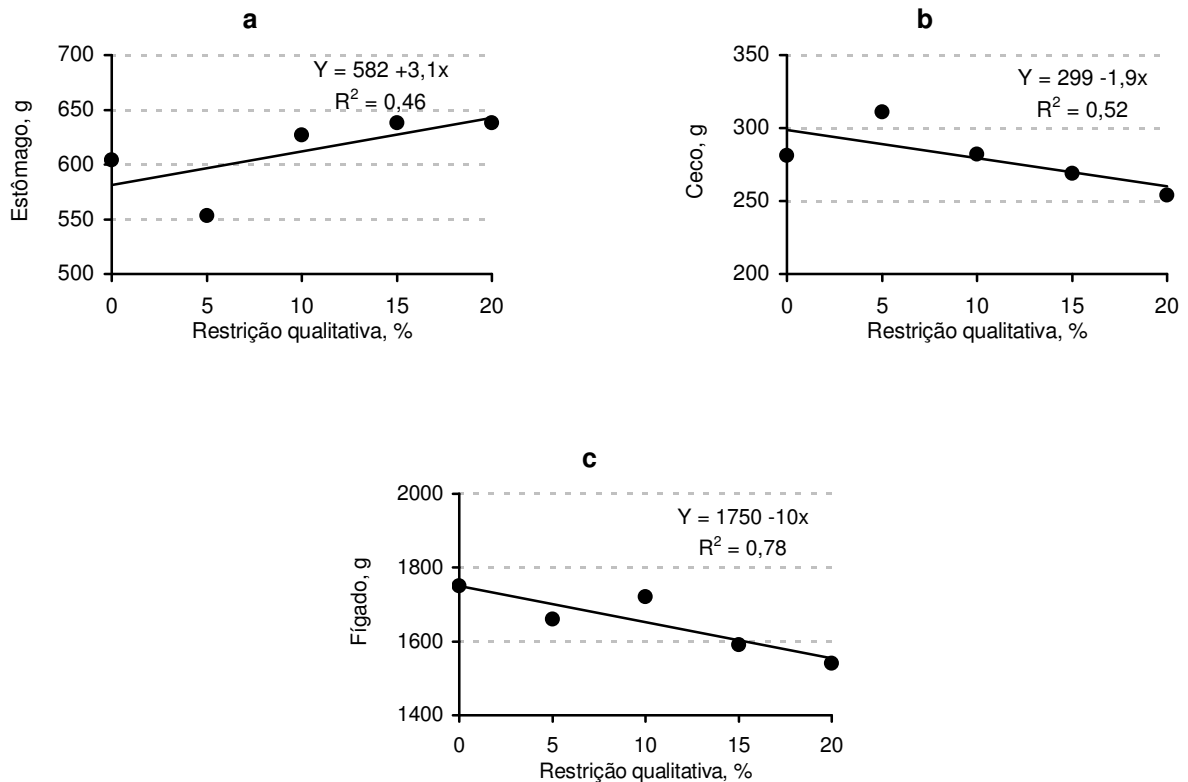


Figura 3. Peso do estômago (a), ceco (b) e fígado (c) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Acentuado aumento no peso do estômago, em relação ao peso, foi observado por POND et al. (1988), ao incluírem feno de alfafa às dietas de suínos, enquanto que a inclusão de casca de café não apresentou efeito sobre esse órgão (OLIVEIRA et al., 2001b). A diferença observada entre os trabalhos é, provavelmente, por causa da maior densidade das dietas contendo casca de café, em relação à casca de arroz e ao feno de alfafa, considerando seus teores em FDN.

Os segmentos intestinais não responderam aos níveis de restrição da mesma forma que o estômago, apesar de também ter havido aumento no volume de digesta que percorreu todo o trato digestório, uma vez que houve redução da digestibilidade da matéria seca e, principalmente, da FDNc, ou seja, houve aumento no conteúdo intestinal de baixa densidade. Da mesma forma, GOMES (1996) observou aumento do peso do estômago com a inclusão de até 30% de feno de alfafa às dietas de marrãs, porém, sem efeito sobre os demais órgãos do trato digestório, enquanto que KASS et al. (1980) observaram aumento do peso do cólon de suínos em terminação apenas com níveis de feno de alfafa acima de 40%. POND et al. (1988), além do estômago, também observaram expressivo aumento relativo dos pesos do cólon e ceco, de forma a também observarem maiores valores absolutos desses órgãos, com a inclusão de 80% de feno de alfafa às dietas de suínos. Portanto, o nível de inclusão do ingrediente fibroso parece ser determinante de seu efeito sobre o peso dos órgãos do trato intestinal.

Por outro lado, a redução do ceco com o incremento da fibra não foi observada pelos autores citados, sendo importante considerar a diferença das fontes de fibra utilizadas. De acordo com o trabalho de GLITSO et al. (1998), o cólon é praticamente o único ponto de degradação de fibras que apresentam pequena fração solúvel, enquanto o ceco é o principal ponto de degradação das fibras contendo maior conteúdo de fração solúvel. Assim, ingredientes que apresentem fibras solúveis tenderão a desenvolver o ceco, enquanto que ingredientes ricos em fibra insolúvel, como a casca de arroz, não estimulariam o desenvolvimento cecal. Além disso, fibras insolúveis aumentam a taxa de passagem do bolo fecal (JOHNSTON et al., 2003), de forma que o incremento dessa fração nas dietas pode reduzir a atividade fermentativa no ceco.

Quanto às glândulas do trato digestório, POND et al. (1988) e GOMES (1996) não relataram alteração no peso absoluto do fígado, com a inclusão de fibra na dieta, sendo importante considerar que GOMES (1996) não reduziu o teor de energia digestível ao incluir o feno de alfafa, de modo que os animais apresentaram o mesmo consumo energético. O fígado é o principal órgão responsável pelo metabolismo energético (LEHNINGER et al., 1993), pois nele ocorre grande parte da síntese de lipídeos e de suas lipoproteínas carreadoras. Essa atividade hepática é dependente da disponibilidade energética (BRUSS, 1997), que é reduzida pelo emprego da restrição qualitativa. O pâncreas, mais relacionado com a digestão de proteínas, não teve seu peso alterado pela composição ou teor energético das dietas. Ainda que o nível de proteína bruta das dietas tenha sido reduzido com o aumento da restrição qualitativa, essa variação foi pequena e mesmo a redução de sua digestibilidade não foi suficiente para interferir no peso do pâncreas.

### **Conclusões**

A inclusão de casca de arroz foi eficiente em reduzir o nível energético das dietas, obtendo-se redução de 1% da energia digestível para, praticamente, cada nível de inclusão da casca. O impacto da restrição energética sobre a digestibilidade protéica foi menor que sobre a digestibilidade da energia. A fibra presente na casca de arroz apresentou-se insolúvel e de baixa digestibilidade. A restrição qualitativa aumentou o volume da dieta, estimulando o desenvolvimento do estômago e pouco influenciando o desenvolvimento intestinal.

## **CAPÍTULO 6. RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA PARA SUÍNOS PESADOS: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS FEZES E EXCREÇÃO FECAL DE MINERAIS**

**RESUMO** – Para avaliar o efeito de níveis de restrição alimentar qualitativa (0, 5, 10, 15 e 20%), obtidos pela inclusão de casca de arroz às dietas, sobre a produção e composição de fezes e excreção fecal de minerais, foram utilizados 50 suínos machos castrados ( $89,0 \pm 4,5$  kg), alojados em baias individuais. Os animais foram alimentados à vontade. Duas vezes por semana, a quantidade de fezes produzida em 24h foi colhida, pesada e armazenada. Os teores de sólidos totais, voláteis e minerais totais, macro (N, P, K, Ca, Na, Mg) e microminerais (Fe, Cu, Mn e Zn) foram analisados. Houve aumento linear ( $P < 0,01$ ) do teor de sólidos e minerais totais e redução ( $P < 0,01$ ) dos teores de macro e microminerais nas fezes, exceto Mn ( $P > 0,1$ ), com o aumento da restrição qualitativa. Houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) da produção diária de fezes *in natura*, sólidos e minerais totais, da produção total de fezes *in natura*, do coeficiente de produção de fezes, da excreção diária e total de todos os minerais, exceto as excreções diária e total do Mn, que apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,01$ ) para os níveis de restrição qualitativa, embora com evidente aumento. A inclusão de fibra na dieta melhorou a composição das fezes, para os processos de estabilização anaeróbica dos dejetos, e as melhores relações N-P-K, para a adubação da lavoura do milho, foram obtidas entre 5 e 15% de restrição qualitativa. A restrição qualitativa realizada pela inclusão de casca de arroz às dietas aumentou a produção de fezes e excreção mineral dos suínos, porém, pode melhorar a qualidade dos dejetos para a utilização como adubo.

**Palavras-chave:** capacidade suporte, dejetos sólidos, diluição energética, resíduo agrícola

## **Introdução**

Na suinocultura, a despeito dos avanços genéticos alcançados nos últimos anos, o controle do consumo energético por algumas categorias animais é ainda muito importante, sejam para características reprodutivas ou para a qualidade da carcaça. Para reduzir o conteúdo energético de dietas para matrizes em gestação, tem sido adicionada fonte de fibra (RAMONET et al., 1999), principalmente o farelo de trigo. No entanto, outras fontes de fibra vêm sendo testadas, como o feno de capim (GOMES, 1996).

Suínos destinados ao abate com maior peso podem apresentar maior deposição de gordura (WHITTEMORE, 1993), de forma que a redução do conteúdo energético das dietas de terminação torna-se alternativa para diminuir a ingestão energética. No entanto, o impacto ambiental da mudança na formulação de dietas para suínos em terminação é muito maior que para as fêmeas em gestação, devido ao número de animais presentes na granja em cada fase, sobretudo considerando ser a nutrição um dos principais determinantes da produção de dejetos na suinocultura (PENZ JÚNIOR, 2000).

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de níveis de restrição alimentar qualitativa, obtida pela inclusão de casca de arroz, sobre a produção e composição das fezes de suínos pesados, bem como sobre a excreção fecal de minerais.

## **Material e Métodos**

### *Instalações, animais e dietas experimentais*

Foram utilizados 50 suínos machos castrados ( $89,0 \pm 4,5$  kg), oriundos de granja comercial, trazidos ao Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, e alojados em baias individuais ( $2,55\text{m}^2$ ). Cada baia apresentava piso de concreto, com saída de esgoto tampada com grelha, para escoamento de líquidos, comedouro do tipo semi-automático, bebedouro em nível e divisórias em grade, todos os componentes elaborados com ferro galvanizado. Foram

colocadas divisórias de madeira, para evitar o contato entre os animais e garantir a colheita das fezes referentes a cada baia.

Os animais foram alimentados com dietas experimentais, formuladas para fornecer 0, 5, 10, 15 e 20% de restrição alimentar qualitativa, doravante denominada restrição qualitativa, conforme indicado na Tabela 1. As dietas foram formuladas para conter os mesmos níveis de lisina digestível, cálcio e fósforo disponível. Os animais permaneceram no experimento até atingirem o peso médio de 128 kg (peso final), quando, então, foram abatidos. Os abates foram realizados em lotes semanais e começaram a ocorrer ao final da quarta semana experimental.

#### *Avaliação da produção e composição das fezes*

Diariamente as baias foram limpas por raspagem e duas vezes por semana, as fezes produzidas no período de 24h foram colhidas e pesadas, com o cuidado de separar a ração desperdiçada ao redor do cocho, determinando-se a produção diária de fezes. As duas amostras de fezes, colhidas a cada, semana foram homogeneizadas e 20% foram mantidos congelados (-20°C). Desta forma, foram obtidas amostras semanais das fezes dos animais.

Depois de descongeladas, as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72h, e moídas em moinho tipo “faca”, com peneira de malha de 1 mm. Posteriormente, foram determinados os teores de matéria seca, neste caso denominada de sólidos totais, em estufa a 105°C, durante 6h; minerais totais, em mufla a 550°C, durante 2h, e sólidos voláteis, calculados pela diferença entre sólidos e minerais totais (MASSÉ et al., 2003). A partir da produção diária de fezes e de sua composição, foram calculados os valores de produção diária de sólidos totais e voláteis e minerais totais. Foi também determinado o coeficiente de produção de fezes (CPF), resultante da relação entre a produção total de fezes e o ganho total de peso dos animais, dos 89 aos 128 kg.

Tabela 1. Composição centesimal das dietas experimentais e teores de minerais, determinados nas dietas e na casca de arroz utilizada nas dietas.

Composição	Restrição qualitativa, %					Casca de arroz
	0	5	10	15	20	
Milho, %	83,99	78,67	73,36	68,04	62,73	
Farelo de soja, %	14,34	14,77	15,20	15,63	16,06	
Casca de arroz <sup>(1)</sup> , %	-	4,94	9,83	14,72	19,60	
Calcário calcítico, %	0,767	0,745	0,723	0,702	0,680	
Fosfato bicálcico, %	0,300	0,319	0,337	0,356	0,375	
Sal comum, %	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	
Suplemento mineral <sup>(2)</sup> , %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	
Suplemento vitamínico <sup>(2)</sup> , %	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	
<b>Minerais <sup>(3)</sup></b>						
N, %	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	0,3
P, %	0,32	0,32	0,30	0,30	0,29	0,01
K, %	115,4	116,1	117,5	117,8	117,2	36,8
Ca, %	44,9	44,5	45,2	45,2	44,2	11,4
Na, %	14,1	14,2	14,1	14,1	14,1	-
Mg, %	24,2	24,3	24,1	24,1	24,1	8,7
Fe, ppm	139	131	121	113	102	-
Cu, ppm	64,7	69,9	67,4	63,0	65,0	-
Mn, ppm	36,4	47,6	58,2	72,4	86,3	158
Zn, ppm	68,7	77,0	75,7	80,4	73,7	8,7

<sup>1</sup> Produto finamente moído, utilizado como veículo em suplementos vitamínicos;

<sup>2</sup> Níveis de garantia por kg de ração: Fe – 60,0 mg; Cu – 52,5 mg; Mn – 30,0 mg; Zn – 60 mg; Co – 0,54 mg; I – 1,26 mg; Se – 0,18 mg; Vitaminas A – 3.750 UI; D<sub>3</sub> – 750 UI; E – 11,25 mg; K<sub>3</sub> - 1,5 mg; B<sub>2</sub> – 2,7 mg; B<sub>12</sub> - 10,5 µg; Pantotenato de Cálcio - 4,5 mg; Niacina – 15 mg; Biotina - 0,075 mg; Colina – 75 mg; Antioxidante – 37,5 mg.

<sup>3</sup> Determinados após digestão e diluição das dietas em 1:200 (BATAGLIA et al., 1993), no Laboratório de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal.

### *Determinação dos minerais*

As amostras de fezes e das dietas experimentais referentes ao período das quatro primeiras semanas experimentais (antes de terem início os abates dos animais aos 128 kg), foram levadas ao Laboratório de Biodigestão Anaeróbia, do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, e submetidas à digestão por ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, sendo obtido o extrato com diluição 1:200. Nesse extrato, foram determinados os teores de nitrogênio pelo método

Kjedhal; fósforo pelo método colorimétrico vanadato-molibidênio (SARRUGE & HAAG, 1974); potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco, sódio, cromo, chumbo, níquel e cádmio pela leitura em aparelho de absorção atômica de chama (BATAGLIA et al., 1993). Os teores de minerais foram convertidos em base de matéria seca de fezes e o valor médio das quatro semanas foi considerado.

Com os dados de produção diária de sólidos totais e teores de minerais, foi calculada a excreção diária dos minerais, durante o período das quatro primeiras semanas, e a excreção total dos minerais de cada animal.

#### *Cálculo da área adubável*

Com base nas quantidades totais excretadas de N, P e K, pelos animais submetidos às dietas experimentais, e nas recomendações de adubação e produtividade médias da cultura do milho indicadas por RAIJ (1992), foram realizadas simulações da área de plantio de milho, em hectares; da produção de milho potencialmente obtida; das quantidades de P e K necessárias, por hectare cultivado, para corrigir a relação N – P – K das fezes, como descrito abaixo:

Área de plantio (ha) = recomendação de N por ha / excreção de N pelos suínos

Produção de milho (ton) = área de plantio \* produtividade média da cultura

Quantidade de P por ha (kg) = ([área de plantio \* recomendação de P por ha] – excreção de P pelos suínos) / área de plantio

Quantidade de K por ha (kg) = ([área de plantio \* recomendação de K por ha] – excreção de K pelos suínos) / área de plantio

Nas simulações, foram consideradas as produções totais dos minerais por 50 suínos, alimentados com cada uma das dietas experimentais.

### *Delineamento experimental e análise estatística*

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças iniciais de peso, com cinco tratamentos (dietas experimentais) e 10 blocos por tratamento, sendo cada unidade experimental constituída por um animal. Os dados obtidos, após serem analisados quanto à normalidade da distribuição dos erros (teste de Shapiro-Wilk a 5%) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene a 5%) entre os tratamentos, foram submetidos à análise de variância, utilizando o pacote *PROC GLM* do programa estatístico SAS (1998), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_1NR_i + b_2NR_i^2 + B_j + e_{ij}$$

onde:

$Y_{ij}$ : valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ ;

$\mu$ : constante geral;

$b_1$ : coeficiente de regressão linear dos níveis de restrição qualitativa;

$NR_i$ : níveis de restrição qualitativa  $i$  ( $i = 0, 5, 10, 15$  e  $20\%$ );

$b_2$ : coeficiente de regressão quadrática dos níveis de restrição qualitativa;

$B_j$ : efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, \dots, 10$ );

$e_{ij}$ : erro associado ao valor observado para o nível de restrição qualitativa  $i$ , no bloco  $j$ .

### **Resultados e Discussão**

Foram retirados das análises quatro animais, em virtude de apresentarem valores muito distantes dos demais, comprometendo a homogeneidade de variâncias ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos.

### *Produção e composição das fezes*

Os dados referentes à produção e composição das fezes em sólidos totais, voláteis e matéria mineral de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa, encontram-se na Tabela 2, enquanto suas equações de predição, em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicadas nas Figuras 1, 2 e 3.

Tabela 2. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para a composição, produção diária e total das fezes e coeficiente de produção de fezes (CPF) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Característica	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
Composição das fezes, %								
Sólidos totais	34,6	36,4	36,7	38,1	37,5	5,8	Linear	<0,01
Sólidos voláteis	29,3	30,3	30,4	31,2	30,5	5,8	Linear	<0,01
Minerais totais	5,37	6,04	6,40	6,93	7,06	7,5	Linear	<0,01
Produção diária, g								
Fezes	922	1320	1463	1758	2261	12,8	Linear	<0,01
Sólidos totais	312	474	527	662	838	11,7	Linear	<0,01
Sólidos voláteis	258	386	418	523	662	11,8	Linear	0,08
Minerais totais	47,6	79,2	91,4	121,2	158,1	12,6	Linear	<0,01
Produção total de fezes, kg	36,0	50,8	57,4	67,2	89,8	18,4	Linear	<0,01
CPF	0,96	1,36	1,53	1,91	2,35	26,8	Linear	<0,01

Foi observado aumento ( $P < 0,01$ ) dos teores de sólidos e minerais totais e menos evidente aumento ( $P = 0,08$ ) dos sólidos voláteis nas fezes dos suínos, em função do nível de restrição qualitativa. Houve aumento linear ( $P < 0,01$ ) da produção diária de fezes, sólidos totais, voláteis e minerais totais, bem como para a produção total de fezes e do coeficiente de produção de fezes, com o aumento da restrição qualitativa.

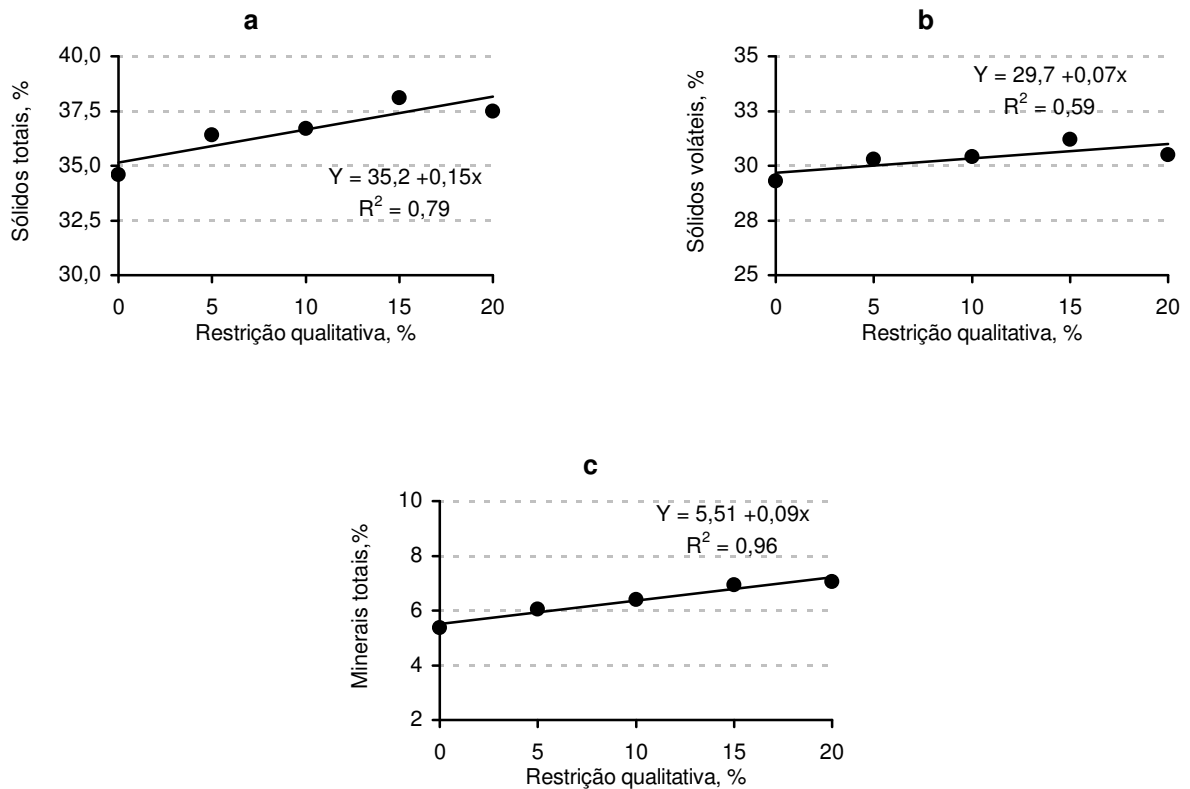


Figura 1. Composição das fezes em sólidos totais (a) e voláteis (b) e matéria mineral total (c) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

A finalidade de inclusão de ingrediente de baixo valor nutritivo está na baixa digestibilidade de seus componentes, de modo a reduzir a quantidade de energia da dieta a ser absorvida pelos animais. Portanto, com o aumento da restrição qualitativa, houve aumento de material indigerível na ração, de forma que foi produzida maior quantidade de material fecal. Aumentos nas produções de dejetos sólidos, sólidos totais e voláteis também foram observados por MASSÉ et al. (2003), ao incluírem ingredientes ricos em fibra à dieta de matrizes suínas.

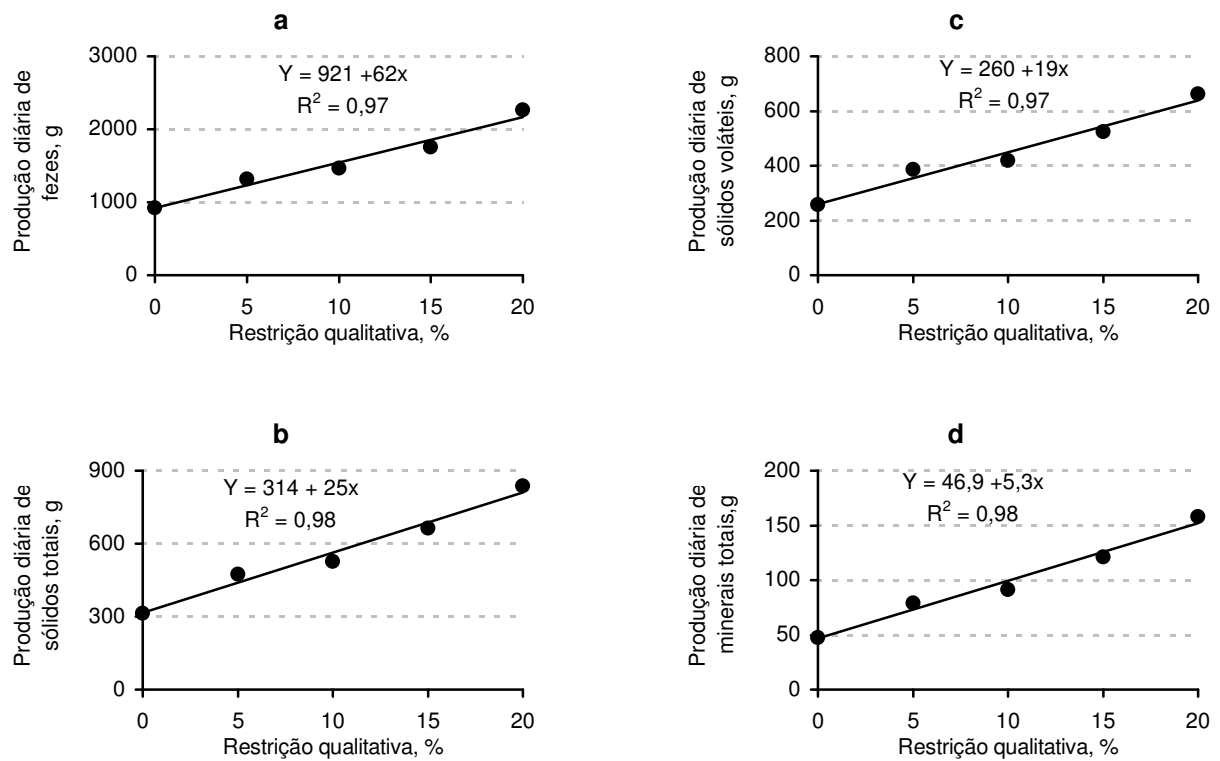


Figura 2. Produção diária de fezes (a), sólidos totais (b), voláteis (c) e minerais totais (d) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

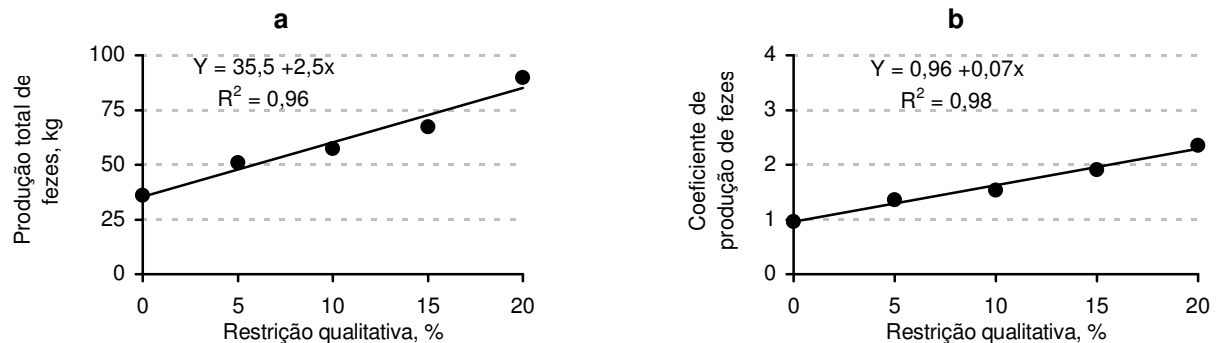


Figura 3. Produção total de fezes (a) e coeficiente de produção de fezes de suínos dos 89 aos 128 kg, em função dos níveis de restrição qualitativa.

A maior produção diária de fezes, aliada ao menor ganho diário de peso dos animais que, portanto, levaram mais tempo para atingirem o mesmo peso final, refletiram em aumento da produção total de fezes dos 89 aos 128 kg, com o aumento nos níveis de restrição qualitativa. Da mesma forma, o coeficiente de produção de

fezes aumentou: enquanto 0,96 kg de fezes *in natura* foram produzidas para cada quilograma de ganho de peso dos suínos alimentados com a dieta com nível 0% de restrição, foram produzidos 2,35 kg de fezes, para o mesmo ganho de peso dos animais alimentados com a dieta com nível de 20% de restrição qualitativa.

### *Excreção fecal de minerais*

Os dados referentes aos teores de minerais nas fezes de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 3, e suas equações de predição, para os níveis de restrição, estão indicadas nas Figuras 4 e 5. Cromo, chumbo e cádmio não foram detectados na diluição utilizada para a realização das análises.

Tabela 3. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para teores de minerais nas fezes de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Minerais <sup>(1)</sup>	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
N, %	4,31	3,39	3,02	2,63	2,49	8,7	Quadrática	<0,01
P, %	0,927	0,759	0,630	0,554	0,517	7,7	Quadrática	<0,01
K, %	2,33	1,93	1,66	1,51	1,37	11,6	Quadrática	<0,01
Ca, %	0,52	0,41	0,33	0,27	0,26	8,8	Quadrática	<0,01
Na, %	0,250	0,197	0,190	0,161	0,149	27,7	Linear	<0,01
Mg, %	0,499	0,389	0,322	0,259	0,247	14,3	Quadrática	<0,01
Fe, ppm	1006	784	610	534	531	14,1	Quadrática	<0,01
Zn, ppm	471	372	307	233	243	9,7	Quadrática	<0,01
Mn, ppm	278	279	278	272	295	8,1	-	>0,1
Cu, ppm	381	292	246	219	206	16,7	Quadrática	<0,01

<sup>1</sup> Valores expressos com base nos sólidos totais.

Não houve resposta ( $P > 0,1$ ) da concentração fecal do manganês, enquanto o teor de fecal de sódio foi reduzido linearmente ( $P < 0,01$ ), e os demais minerais apresentaram resposta quadrática ( $P < 0,01$ ) ao aumento dos níveis de restrição qualitativa.

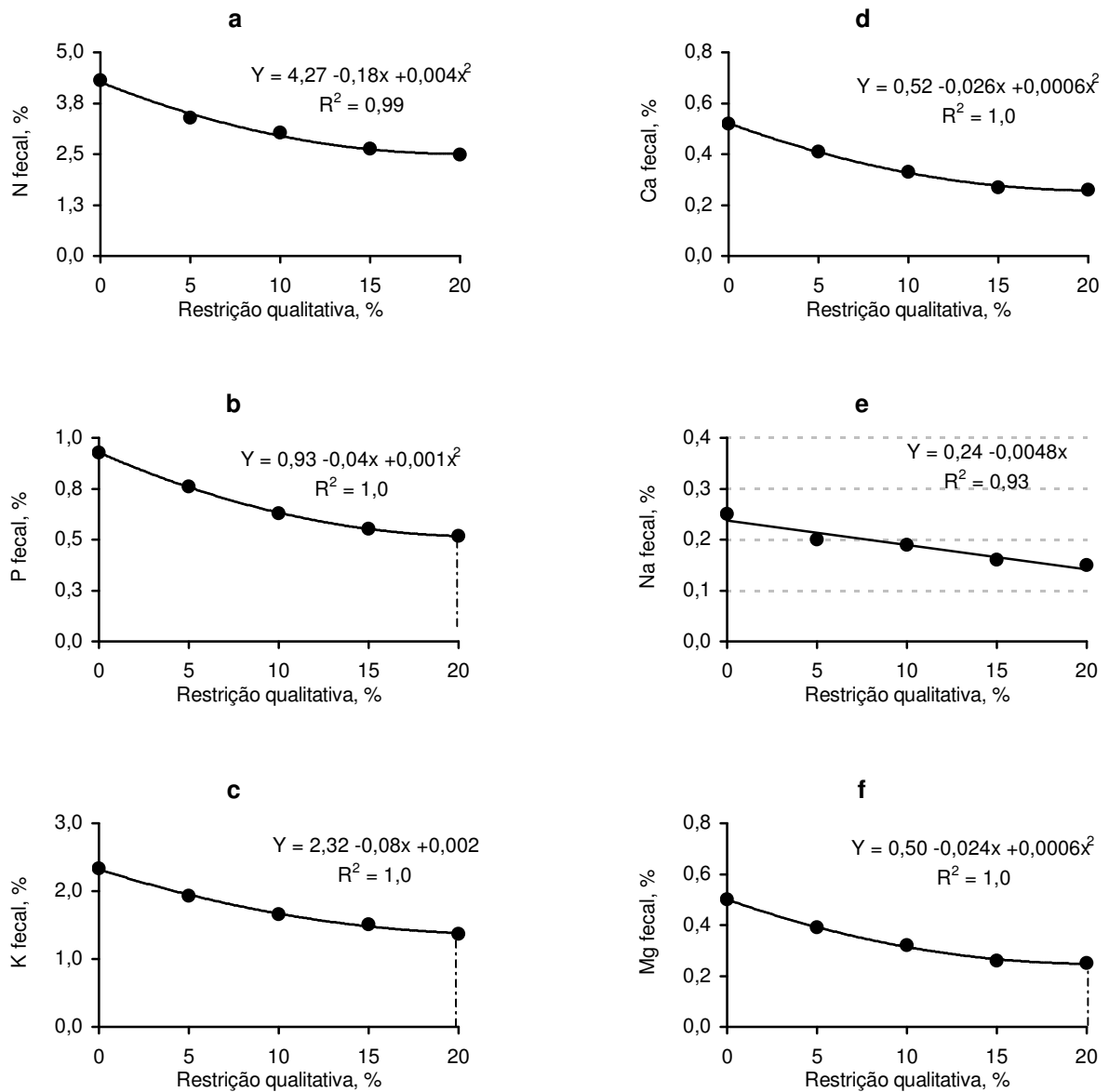


Figura 4. Teores dos macrominerais nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), sódio (e) e magnésio (f), nos sólidos totais fecais de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

No entanto, apenas os microminerais Fe e Zn apresentaram ponto de mínima concentração nas fezes, sendo ao redor de 18,4% de restrição qualitativa (Figura 5), enquanto que, para os minerais N, P, K, Ca, Mg e Zn, suas concentrações apresentaram redução com o aumento dos níveis de restrição qualitativa, pois os

pontos de mínima concentração fecal, indicados pelas equações quadráticas, foram acima ou no nível de 20% de restrição qualitativa.

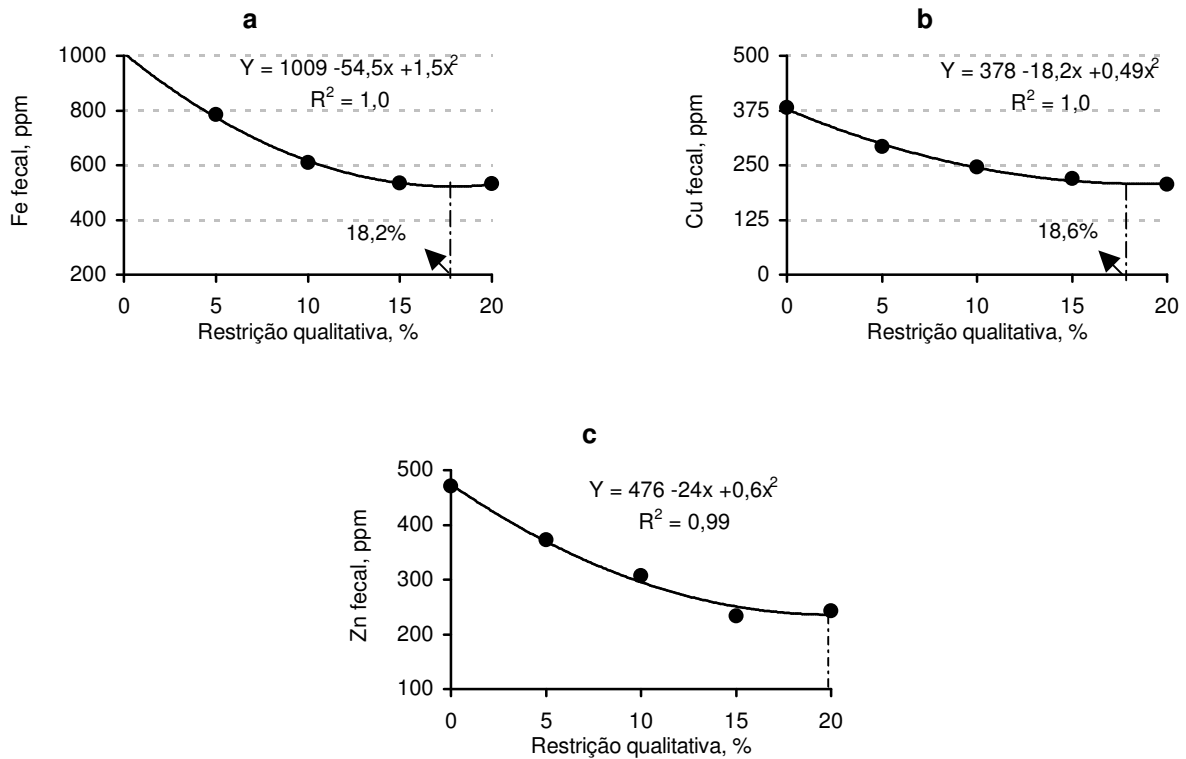


Figura 5. Teores dos microminerais ferro (a), cobre (b) e zinco(c), nos sólidos totais fecais de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Apesar da redução observada nas fezes, a maior parte dos minerais apresentou praticamente os mesmos teores entre as dietas (Tabela 1), com exceção de K, Zn e, principalmente, Mn, cujos teores dietéticos se elevaram com o aumento da restrição qualitativa. Também SHAW et al. (2002) observaram que a inclusão de fibra na dieta de suínos, a partir do farelo de trigo, proporcionou redução dos teores dos minerais nas fezes, independente dos níveis dos minerais nas dietas. Além disso, de acordo com os mesmos autores, o Mn foi o único mineral que apresentou aumento de seu teor nas fezes de animais alimentados com a dieta contendo adição de fibra. De acordo com MCDOWELL (1992), farelos de trigo e de arroz são as mais ricas fontes vegetais em Mn, sendo que as maiores concentrações minerais geralmente estão presentes em

suas camadas mais externas, como as cascas. Assim, a grande concentração de Mn na casca de arroz, foi responsável pelos níveis fecais constantes, desse mineral, observados entre as dietas, ao contrário dos demais minerais avaliados.

Além da composição mineral da casca de arroz, também as interações entre os minerais, tanto na formação de complexos insolúveis como pela competição pela absorção no tubo digestório do animal e o impacto da fibra sobre sua disponibilidade, podem ter contribuído para a redução com maior ou menor intensidade das concentrações fecais dos minerais, em função dos níveis de restrição qualitativa. Considerando o incremento dietético principalmente em Mn, esse mineral caracteriza-se por reduzir a disponibilidade de Ca e P, além de se apresentar com baixa disponibilidade, devido sua interação com a fibra alimentar e com fitatos, da mesma forma que o Zn tem sua disponibilidade reduzida pela presença de fibra (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999). Além disso, o efeito da fibra sobre a excreção de nitrogênio, sobretudo no aumento das perdas endógenas desse elemento (SOUFFRANT, 2001), deve também ser considerado.

O evidente aumento de 1,6% nos teores de minerais totais das fezes para cada ponto percentual de aumento na restrição qualitativa, contrasta com a redução dos teores fecais de todos os minerais, com exceção do Mn. As respostas refletiram a composição da casca de arroz, com grande conteúdo de minerais, os quais são constituídos em praticamente 95% por sílica (SOUZA et al., 2002). Portanto, houve nítido aumento na concentração de sílica das fezes, estabilização da concentração de Mn e redução dos demais minerais, com o aumento dos níveis de restrição qualitativa.

Os dados referentes à excreção diária dos minerais, em função dos níveis de restrição qualitativa, estão indicados na Tabela 4, e suas equações de predição, para os níveis de restrição, estão indicadas nas Figuras 6 e 7. A excreção diária de todos os minerais aumentou ( $P < 0,05$ ) com os níveis de restrição qualitativa. Ainda que a excreção diária de Mn tenha apresentado resposta quadrática, observa-se apenas aumento de seu valor, dentro dos níveis de restrição avaliados.

Tabela 4. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para excreção fecal diária de minerais de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Minerais	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
N, %	14,1	16,2	16,2	17,5	21,1	15,9	Linear	<0,01
P, %	2,97	3,58	3,32	3,66	4,31	15,8	Linear	<0,01
K, %	7,65	9,26	8,86	10,09	11,59	18,1	Linear	<0,01
Ca, %	1,69	1,95	1,75	1,83	2,19	18,9	Linear	<0,05
Na, %	0,82	0,98	1,03	1,09	1,26	29,0	Linear	<0,05
Mg, %	1,59	1,82	1,68	1,71	2,04	18,9	Linear	<0,05
Fe, ppm	320	376	322	359	446	23,4	Linear	<0,01
Zn, ppm	151	176	162	155	203	18,2	Linear	<0,01
Mn, ppm	88,1	131,0	146,4	179,9	246,3	12,8	Quadrática	<0,01
Cu, ppm	128,0	146,5	137,0	124,5	175,4	18,5	Linear	<0,01

Os dados referentes à excreção total de minerais durante o período experimental estão indicados na Tabelas 5, e suas equações de predição, em função dos níveis de restrição qualitativa, são mostradas nas Figuras 8 e 9. Houve aumento linear ( $P < 0,05$ ) na excreção total de todos os minerais, com exceção do Mn, que apresentou resposta quadrática ( $P < 0,01$ ) para os níveis de restrição qualitativa, embora o ponto de inflexão não tenha sido observado, dentro dos níveis dietéticos estudados. O aumento da produção total de fezes, devido à restrição qualitativa, ocorreu em maior grau que o aumento da produção diária de fezes, pois os animais permaneceram por mais dias até atingirem o peso final. Assim, o aumento da excreção total dos minerais, em função dos níveis de restrição qualitativa, também ocorreu em maior grau que o observado para a excreção diária dos minerais.

O aumento das produções fecal e mineral, observado ao empregar-se a restrição qualitativa com casca de arroz, poderá repercutir em aumento das instalações para abrigar o maior volume de dejetos a ser produzido. Porém, é importante considerar que o volume total do dejetos gerado pela granja de suínos é muito influenciado pela quantidade de água utilizada, principalmente na limpeza das instalações.

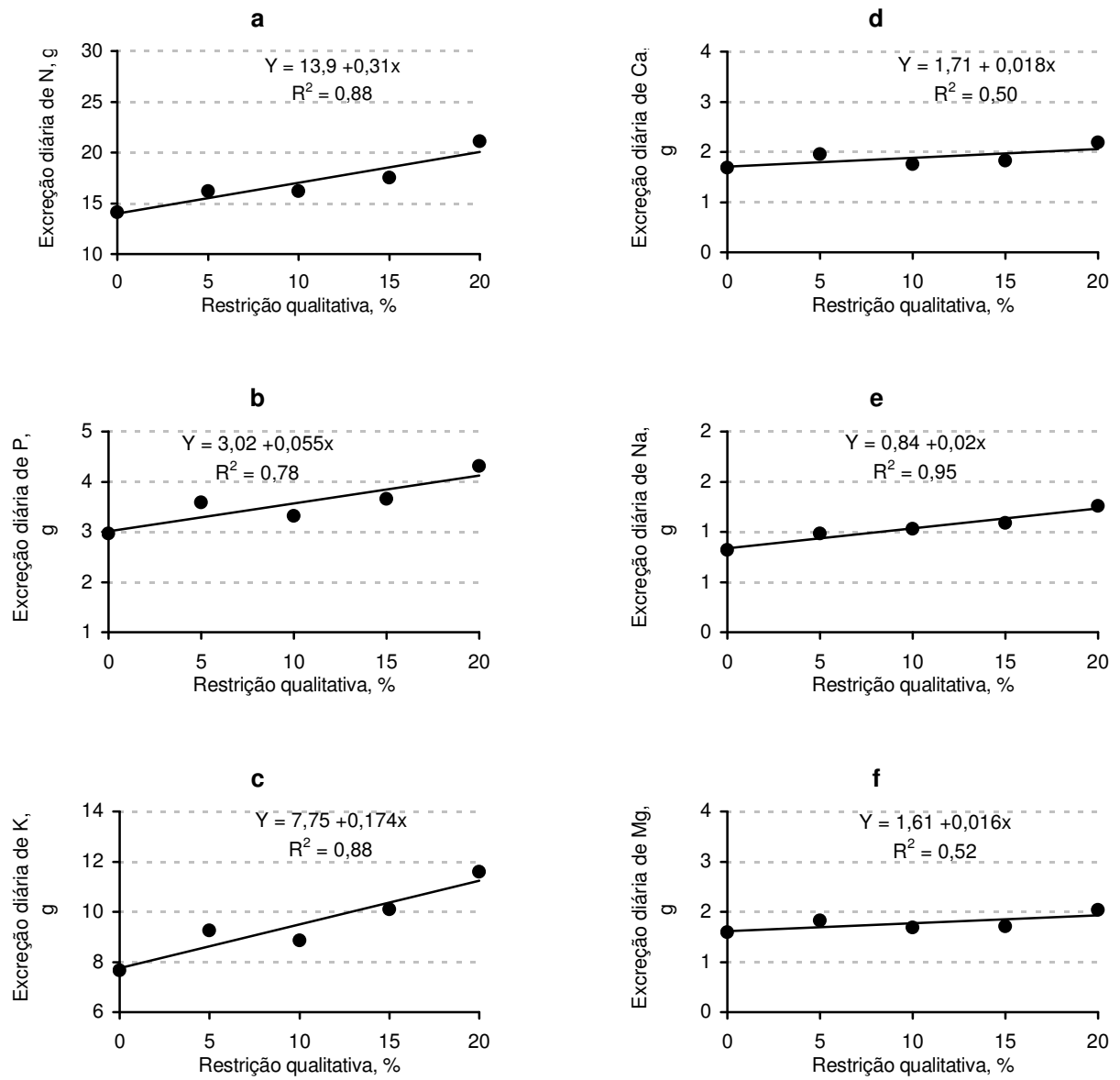


Figura 6. Excreção fecal diária dos macrominerais nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d) sódio (e) e magnésio (f) de suínos, em função dos níveis de restrição qualitativa.

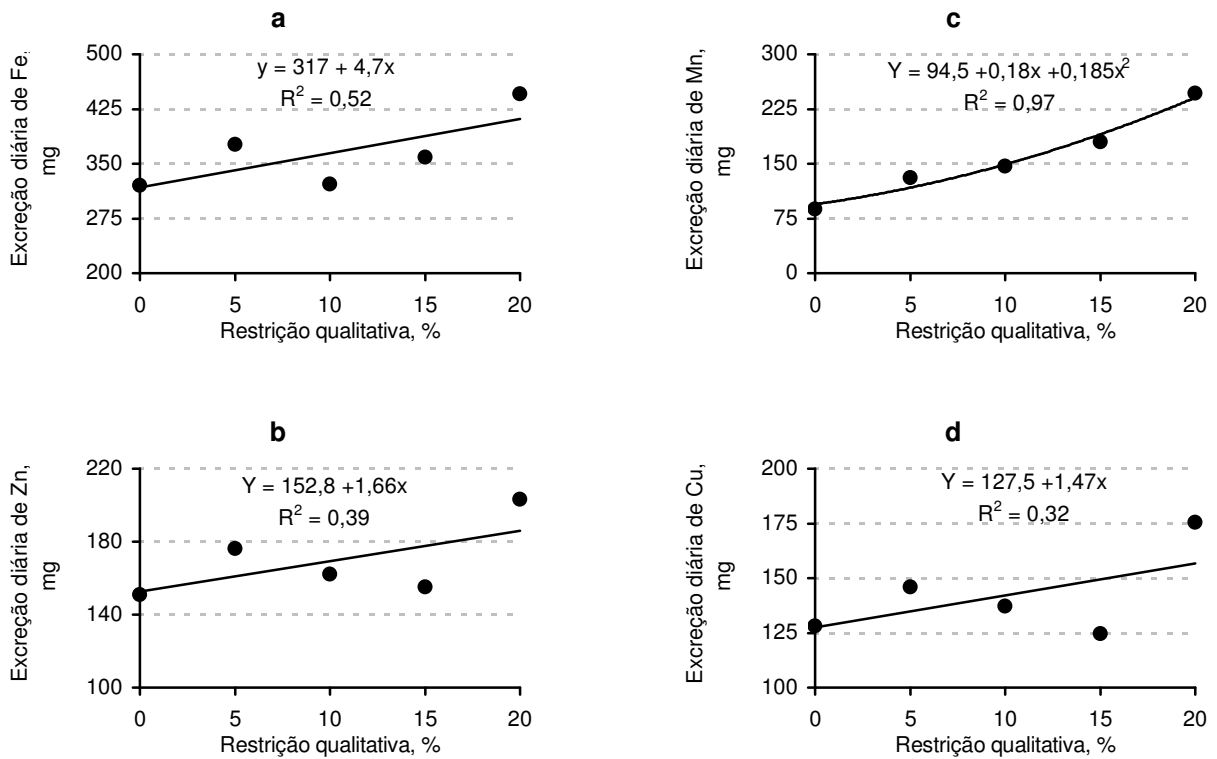


Figura 7. Excreção fecal diária dos microminerais ferro (a), zinco (b), manganês (c) e cobre (d) de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Tabela 5. Valores médios e coeficientes de variação (CV) para excreção total de minerais nas fezes de suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Minerais	Restrição qualitativa, %					CV, %	Regressão	P
	0	5	10	15	20			
N, g	498	599	643	722	873	20,7	Linear	<0,01
P, g	105	133	133	151	170	21,8	Linear	<0,01
K, g	271	337	353	415	475	14,4	Linear	<0,01
Ca, g	40,4	54,6	65,5	83,3	106,1	17,3	Linear	<0,01
Na, g	28,9	35,2	40,7	44,8	50,9	34,8	Linear	<0,05
Mg, g	56,3	67,1	67,2	70,4	80,0	14,9	Linear	<0,01
Fe, g	11,3	13,7	12,8	13,6	18,3	20,9	Linear	<0,01
Zn, g	5,31	6,48	6,46	6,37	8,04	14,8	Linear	<0,01
Mn, g	3,11	4,86	5,84	7,40	10,22	1,2	Quadrática	<0,01
Cu, g	4,51	5,42	5,47	5,12	6,97	14,5	Linear	<0,01

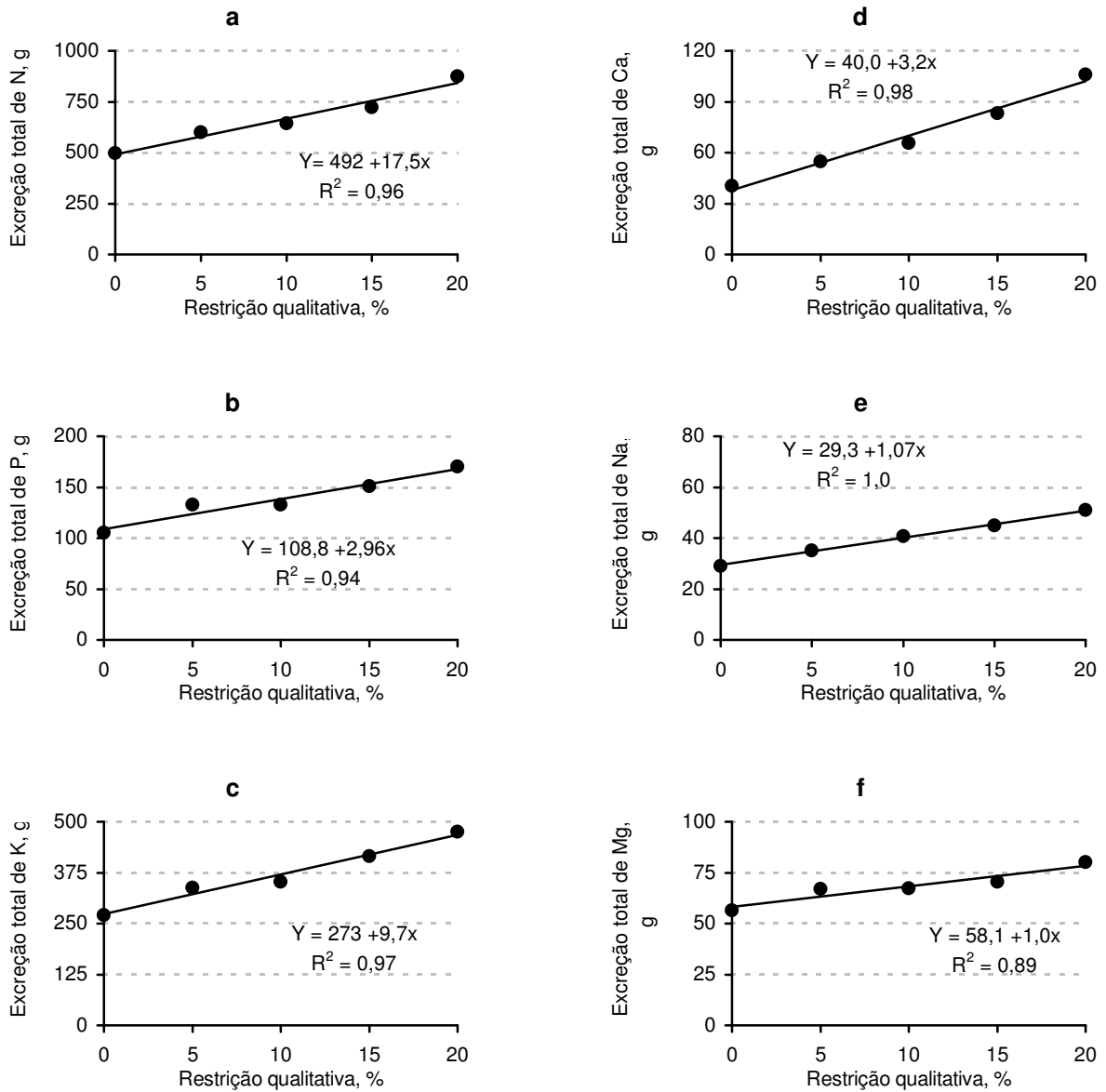


Figura 8. Excreção fecal total dos macrominerais nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), sódio (e) e magnésio (f) de suínos, dos 89 aos 128 kg, em função do nível de restrição qualitativa.

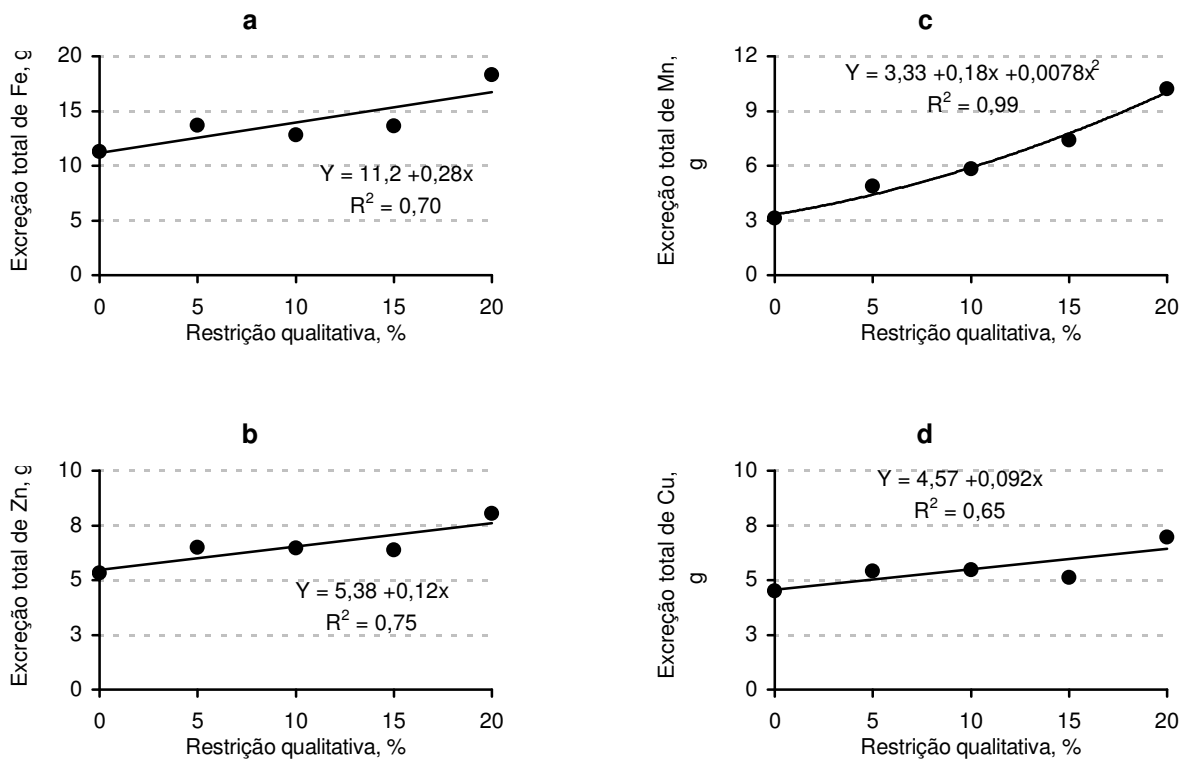


Figura 9. Excreção fecal total dos microminerais ferro (a), zinco (b), manganês (c) e cobre (d) de suínos dos 89 aos 128 kg em função do nível de restrição qualitativa.

Por outro lado, o processo de estabilização dos dejetos decorrente da ação de microorganismos, que tornam o material próprio para utilização na adubação de lavouras, é dependente de proporções ideais entre carbono:nitrogênio (C:N), ao redor de 30, e entre nitrogênio:fósforo (N:P), ao redor de 5, sendo que o dejetos suíno apresenta normalmente baixa relação carbono:nitrogênio (OLIVEIRA, 1993). Com base na Tabela 3, os valores da relação N:P das fezes suínas foram de 4,65; 4,47; 4,79; 4,75 e 4,82, para os níveis crescentes de restrição qualitativa. Assim, a relação melhorou com os níveis de restrição entre 10 e 20%. Da mesma forma, a maior ingestão de fibra aumenta a relação C:N do dejetos (AMORIN et al., 2005), de modo que o processo de estabilização dos dejetos deverá ser melhor com o aumento da restrição qualitativa, porém, a presença de lignina, componente significativo da casca de arroz, pode prejudicar esse processo (OLIVEIRA, 1993).

Outro ponto a ser considerado é a capacidade de adubação dos dejetos animais. Na Tabela 6, estão indicadas a área potencial de adubação da cultura do milho, pelo nitrogênio excretado por 50 suínos alimentados com as diferentes dietas, bem como a produção esperada de milho e as quantidades necessárias de P e K, por hectare, para corrigir a relação N – P – K das fezes dos animais, em relação à recomendação de adubação do milho.

Tabela 6. Valores calculados de área de cultivo e produção de milho, compatíveis com a quantidade de N excretada, e as adições necessárias de P e K, por hectare, para balancear a relação N-P-K das fezes oriundas de 10 suínos, em função do nível de restrição qualitativa.

Item	Restrição qualitativa, %				
	0	5	10	15	20
Área adubada, ha	1,66	2,00	2,14	2,41	2,91
Produção de milho, ton.	8,3	10,0	10,7	12,0	14,6
P necessário, kg/ ha	9,94	9,77	10,00	9,96	10,18
K necessário, kg / ha	16,84	16,56	16,77	16,38	16,84

Com o aumento da restrição qualitativa, maior área de cultivo de milho poderia ser adubada, em virtude da maior quantidade de N excretado por 50 suínos dos 89 aos 128 kg, sendo obtida, assim, maior produção de milho. As menores quantidades de P e K a serem adicionadas por hectare, seriam observadas entre os níveis 5 e 15% de restrição, de forma que as relações N-P-K observadas nas fezes dos animais alimentados com essas dietas, estão mais próximas da recomendação de adubação da cultura do milho. Além disso, também o silício, na forma de sílica presente nas fezes decorrente da inclusão da casca de arroz às dietas, pode ser importante elemento na adubação de lavouras, favorecendo a resistência, especialmente de gramíneas, contra diversas doenças, conforme descrito por BARBOSA FILHO et al. (2000).

O aumento da área adubável com as fezes produzidas, pode ser considerado problema para granjas que apresentem comprometimento de sua capacidade suporte, ou seja, não possuem área de cultura suficiente para receber corretamente os minerais presentes nos dejetos. No entanto, quando há área disponível, a utilização da casca de arroz, para a restrição qualitativa, pode ser até mesmo ambientalmente interessante,

pois se encontra destino para o resíduo agrícola gerado em grandes proporções (DELLA et al., 2001).

### **Conclusões**

A restrição qualitativa obtida pela inclusão de casca de arroz aumentou a produção de fezes, piorando seu coeficiente. Porém, efeitos benéficos na composição das fezes e excreção mineral, quanto à sua utilização como adubo na lavoura de milho, foram proporcionados, principalmente, entre os níveis de 5 e 15% de restrição qualitativa. Outras fontes de fibra poderiam ser avaliadas, buscando o melhor balanço mineral na composição fecal.

## **CAPÍTULO 7. IMPLICAÇÕES**

O abate dos animais aos 128 kg, comparado àquele aos 89 kg, proporcionou aumento no rendimento industrial das carcaças, porém, reduziu a porcentagem de carne na carcaça, bem como seu índice de bonificação. A restrição qualitativa, com a inclusão da casca de arroz, mostrou-se efetiva na redução da ingestão calórica pelos suínos, de forma a reduzir a deposição de gordura na carcaça e aumentar a quantidade de carne dos animais com o mesmo peso, através da hipertrofia das fibras musculares, sem alterar suas proporções e sem repercutir em efeitos negativos na qualidade da carne.

A adição da casca de arroz às dietas repercutiu no aumento dos dejetos gerados pelos suínos. No entanto, considerando a utilização dos nutrientes fecais na lavoura, o aumento da produção de fezes e da excreção mineral pode ser interessante.

Assim, a restrição qualitativa mostrou-se eficiente em melhorar as carcaças de suínos pesados, a bonificação recebida e mesmo a lucratividade da produção, sem o aumento da mão-de-obra e mudanças nas instalações e equipamentos, muitas vezes necessários para a realização da restrição quantitativa. Além disso, a possibilidade de utilização da casca de arroz como diluente de dietas para suínos é muito interessante, pois, além de constituir-se em ingrediente abundante e de baixo custo, pode deixar de ser problema ambiental em certas situações e ser destinado à adubação de lavouras, sob a forma de dejetos animal, aumentando seu valor agrícola.

Desta forma, avaliações de outros ingredientes de baixo valor nutritivo, para a realização da restrição qualitativa, são importantes, pois possibilitariam a utilização de produtos considerados resíduos, inclusive com problemas para sua disposição, na produção de suínos com maior quantidade de carne de boa qualidade. Além disso, tais produtos podem, sob a forma de dejetos da suinocultura empregados na adubação agrícola, potencialmente, incrementar a produção de lavouras.

## REFERÊNCIAS

- AKIBA, Y. et al. Meat color modification in broiler chickens by yeast *Phaffia rhodozyma* containing high concentrations of astaxanthin. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 10, n. 2, p. 154-161, 2001.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.46, n.3, p.112-126. 2001.
- AMORIN, A. C.; LUCAS JÚNIOR, J. de; RESENDE, K. T. de. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 57-66, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Estrela: ABCS, 1973. 17p. Publicação Técnica nº 2.
- ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Demonstrativo de bolsa de suínos**. Disponível em: <www.apcs.org.br>. Acesso em 02 fev. 2004.
- AUSTRALIAN PORK LIMITED. **Producer's guide to have pig carcass production in Australia**, 2001. Disponível em < www.dpi.qld.gov.au >. Acesso em: 11 nov. 2004.
- BARBOSA FILHO, M. P. et al. Importância do silício para a cultura do arroz. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 89, p. 1-8, 2000. Encarte Técnico.
- BARBOSA, H. C. et al. Qualidade de carcaça de suínos alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e energia líquida na dieta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. n.313, CD-ROM.
- BATAGLIA, O. G. et al. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. Boletim Técnico.
- BEE, G. Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 3, p. 826-836, 2004.
- BELLAVER, C. Qualidade de carcaça relacionada à restrição alimentar. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1995. p. 21-33.
- BLAXTER, K. L.; GRAHAM, McC.; WAINMAN, F. W. Some observations on the digestibility of food by sheep and on related problems. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 10, n. 2, p. 69 – 91, 1956.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

- BOWKER, B. C. et al. Muscle metabolism and PSE pork. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 2000. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.asas.org/symposia/0601.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2005.
- BRAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídeos totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 98-104, 2002.
- BRUSS, M. L. Lipids and ketones. In: MANERO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 1997. p. 83-115.
- CAMERON, N. D. et al. Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. **Meat Science**, Savoy, v. 55, n. 2, p. 187-195, 2000.
- CARVALHO, H. F., RECO-PIMENTEL, S. M. **A célula 2001**. Barueri: Ed. Manole, 2001.
- CISNEROS, F. et al. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 74, n. 5, p. 925-933, 1996.
- COMA, J.; ZIMMERMAN, D. R.; CARRION, D. Relationship of rate of lean tissue growth and other factors to concentration of urea plasma of pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 12, p. 3649-3656, 1995.
- CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Brasil colhe safra de 119,3 milhões de toneladas em 2004**. 2004. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 05 jul. 2005.
- CORTE, O. O.; FELÍCIO, P. E.; CIA, G. **Sistematização da avaliação final de bovinos e bubalinos**. III. Qualidade da carne. Campinas: ITAL, 1979. Boletim Técnico do CTC nº 3, p.66-76.
- DELANEY, B. et al.  $\beta$ -Glucan fractions from barley and oats are similarly antiatherogenic in hypercholesterolemic syrian golden hamsters. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 133, n. 2, p. 468-495, 2003.
- DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 778-782, 2001.
- DIERICK, N. A. et al. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdã, v. 23, n. 1-3, p. 141-167, 1989.
- DILGER, R. N. et al. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 3, p. 715-724, 2004.

DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. **Muscle biopsy: a modern approach**. London: Sunders, 1973.

DWYER, C. M.; STICKAND, N. C.; FLETCHER, J. M. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent post natal growth. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, n. 4, p.911-917, 1994.

ELLIS, M. et al. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. **Animal Science**, Penicuik, v. 62, n. 3, p. 521-530, 1996.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES. **Tabela de Composição Química e Valores Energéticos de Alimentos para Suínos e Aves**. Concórdia: EMBRAPA/CNPSA, 1991. (Documentos, 19).

ENNION, S. et al. Characterization of human skeletal muscle fibres according to the myosin heavy chains they express. **Journal of Muscle Research and Cellular Motility**, Nürnberg, v. 16, n. 1, p. 35-43, 1995

FAO. **Animal feed resources information system**. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 14 jul. 2005.

FAO. Sorghum and millets in human nutrition. **Food and Nutrition series**, n.27, 1995. Disponível em <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em 03 mar. 2005.

FAUCITANO, L. Efeitos do manuseio pré-abate sobre o bem-estar e sua influência sobre a qualidade da carne. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1., 2000. **Anais eletrônicos...** Concórdia:Embrapa-Cnpsa, 2000.

FAUCITANO, L.; RIVEST, J.; DAIGLE, J. P. Distribution of intramuscular fat content and marbling within the longissimus muscle of pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 1, p. 57-61, 2004.

FÁVERO, J. A. Importância do processo de tipificação na melhoria de carcaças de suínos. In: MATTOS, W. R. S. et al. **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 158-163.

FÁVERO, J. A.; GUIDONI, A. L.; BELAVER, C. Predição do índice de valorização de carcaças suínas em função do peso e do percentual de carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNO, 8., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Concórdia: Embrapa - Cnpsa, 1997. p. 405-406.

FENTON, T. W.; FENTON, M. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 59, n. 4, p. 631-634, 1979.

FERNANDEZ, X. et al. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. **Meat Science**, Savoy, v. 53, n. 1, p. 59-65, 1999.

FONSECA, S. et al. Slow fiber cluster pattern in pig longissimus thoracis muscle: Implications for myogenesis. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 81, n. 4, p. 973-983, 2003.

GARCIA-PERIS, P.; CLAMBOR-ALVAREZ, M. Dietary fiber: concept, classification and current indications. **Nutrición Hospitalaria**, Madrid, v. 14, supl. 2, p. 22S-31S, 1999. Resumo.

GARNIER, J. P.; KLONT, R.; PLASTOW, G. The potential impact of the current animal research on the meat industry and consumer attitudes towards meat. **Meat Science**, Savoy, v. 63, n. 1, p. 79-88, 2003.

GARRIDO, M. D. et al. Objective assessment of pork quality. **Meat Science**, Savoy, v. 37, n. 3, p. 411-420, 1994.

GENTRY, J. G., GLONE, J. J. Alternative pork production systems: an overview of facilities, performance measures, and meat quality. In: INTERNATIONAL MEETING ON SWINE PRODUCTION, 3., Vila Real, 2003. **Anais eletrônicos...** Vila Real, Portugal, 2003. Disponível em: <<http://www.depts.ttu.edu/porkindustryinstitute/research/JGG%20-%20International%20Meeting%20on%20Swine%20Prod.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2005.

GENTRY, J. G. et al. Environmental effects on pig performance, meat quality, and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 1, p. 209-217, 2004.

GIGER-REVERDIN, S. et al. Assessment of nutritional characteristics of conventional and non-conventional feedstuffs for small ruminants using physical, chemical and *in vitro* methods. In BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; MORAND-FEHR P. **Nutrition and feeding strategies of sheep and goats under harsh climates**. Zaragoza: Ciheam-lamz, 2004. p. 111-118.

GLITSO, L. V. et al. Intestinal degradation in pigs of rye dietary fibre with different structural characteristics. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 80, n. 5, p. 457-468, 1998.

GOMES, J. D. F. **Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro, sobre parâmetros de desempenho, de digestibilidade dos componentes dietéticos e da morfologia intestinal de marrãs**. Botucatu, 1996. 110 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

GONDRET, F.; LEBAS, F.; BONNEAU, M. Restricted feed intake during fattening reduces intramuscular lipid deposition without modifying muscle fiber characteristics in rabbits. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, n. 2, p. 228-233, 2000.

- GUÁRDIA, M. D. et al. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR-1 gene in pigs. **Meat Science**, Savoy, v. 67, n. 3, p. 471-478, 2004.
- GUIDONI, A. L. Melhoria dos processos para tipificação de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/pork>>. Acesso em: 12 fev. 2001.
- GUTH, L.; SAMAHA, F. J. Procedure for the histochemical demonstration of actomyosin ATPase. **Experimental Neurology**, Amsterdã, v. 28, n.2, p. 365-367, 1970.
- HALE, O. M.; NEWTON, G. L.; HAYDON, K. D. Effect of diet and exercise on performance, carcass traits and plasma components of growing-finishing barrows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 62, n. 3, p. 665-671, 1986.
- HAMM, R. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In: BETCHEL, P.J. **Muscle as Food**. 3.ed. Orlando: Academic Press, 1986. p. 135-199.
- HARA, H. et al. Fermentation products of sugar-beet fiber by cecal bacterial lower plasma cholesterol concentration in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 4, p. 688-693, 1998.
- HAYDON, K. D.; TANKSLEY, T. D.; KNABE, D. A. Performance and carcass composition of limit-fed growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 67, n. 7, p. 1916-1925, 1989.
- HUANG, S.X.; SAUER, W. C.; MARTY, B. Ileal digestibilities of neutral detergent fiber, crude protein, and amino acids associated with neutral detergent fiber in wheat shorts for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, n. 8, p. 2388-2396, 2001.
- JOHNSTON, L. J. et al. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON ALTERNATIVE FEEDS FOR LIVESTOCK AND POULTRY, 3., 2003, Kansas City. **Anais eletrônicos...** Disponível em <[www.wcroc.coafes.umn.edu](http://www.wcroc.coafes.umn.edu)>. Acesso em: 11 jan. 2005.
- KASS, M. L.; VAN SOEST, P. J.; POND, W. G. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 50, n. 1, p.175-191, 1980.
- KAY, R. Mc P. Dietary fiber. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 23, n. 2, p. 221-242, 1982.
- KESSLER, A. M. Exigências nutricionais para máximo rendimento de carne em suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa-Cnpsa, 1998. p. 18-24.
- KLONT, R. E.; BROCKS, L.; EIKELBOOM, G. Muscle fibre type and meat quality. **Meat Science**, Savoy, v. 49, supl.1, p. S219-S229, 1998.

KLOSOWSKA, D.; FIEDLER, I. Muscle fibre types in pigs of different genotypes in relation to meat quality. **Animal Science Papers and Reports**, Jastrzebiec, v. 21, supl.1, p. 49-60, 2003.

KREUSER, M. et al. Effects of different fibre sources and fat addition on cholesterol and cholesterol-related lipids in blood serum, bile and body tissues of growing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 86, n. 1-2, p. 57-73, 2002.

KYRIAZAKIS, I. The voluntary food intake and diet selection of pigs. In: COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. **Principles of pig science**, Loughborough: Nottingham University Press, 1994. p. 85-106.

LATORRE, M. A. et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 2, p. 526-533, 2004.

LEE, C. Y. et al. Effects of restricted feeding, low-energy diet, and implantation of trenbolone acetate plus estradiol on growth, carcass traits, and circulating concentrations of insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-binding protein -3 in finishing barrows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, n. 1, p. 84-93, 2002.

LEFAUCHEUR, L.; GERRARD, D. Muscle fiber plasticity in farm mammals. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 1998. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.asas.org/JAS/symposia/proceedings/0307.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2005.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; MICHAEL, M. C. Amino acid oxidation and the production of urea. In: \_\_\_\_ **Principles of biochemistry**. 3.ed. New York: Worth publishers, 1993. p. 479-505.

LESKANICH, C. O. et al. The effect of dietary oil containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical, and organoleptic characteristics of pig meat and fat. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 3, p. 673-683, 1997.

LEYMASTER, K. A.; MERSMANN, H. J. Effect of limited feed intake on growth of subcutaneous adipose tissue layers and on carcass composition in swine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, n. 7, p. 2837-2843, 1991.

LUDKE, J. V., BERTOL, T. M., SCHEUERMANN, G. N. Manejo da alimentação. In: SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura intensiva**. Concórdia: Embrapa-Cnpisa, 1998. p. 65-90.

MASSÉ, D. I.; CROTEAU, F.; MASSE, F. Effect of dietary fiber incorporation on the characteristics of pregnant sows slurry. **Canadian Biosystems Engineering**, Manitoba, v. 45, p. 6.7-6.12, 2003.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. London:Academic Press, 1992.

MEAT AND LIVESTOCK COMMISSION. **An industry guide to the production of havier pigs**. 2003. Disponível em <www.thepigsite.com>. Acesso em 19 nov. 2004.

MEJÍA, A. M. G. et al. Efeito da inclusão de polpa cítrica sobre a digestibilidade fecal aparente em suínos em terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba:SBZ, 2001. p. 812-813.

NICOLAIEWSKY, S. Fatores produtivos que afetam a qualidade da carne suína. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa-Cnpisa, 1998. p. 01-04.

NOBLET, J. Net energy for growth in pigs: application to low protein, amino acid supplemented diets. In: PORK INDUSTRY CONFERENCE, 1996, Urbana. **Proceedings...** Urbana: University of Illinois, 1996. p. 15-25.

NOBLET, J.; LeGOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdã, v. 90, n. 1-2, p. 35-52, 2001.

NOBLET, J.; VanMILGEN, J. Energy value of pig feeds: Effects of pig body weight and energy evaluation system. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82., supl. E, p. E229-E238, 2004.

NRC. **Nutrient requirement of swine**. 10. ed. Washington: National Academic of Sciences, 1998.

OETTING, J. J. **Avaliação de diferentes marcadores para a determinação da digestibilidade e taxa de passagem do alimento em suínos**. Piracicaba, 2002. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

OLGIVIE, R. W.; FEEBACK, D. L. A metachromatic dye-ATPase method for the simultaneous identification of skeletal muscle fiber types I, IIA, IIB and IIC. **Stain Technology**, v. 65, p. 231-241, 1990.

OLIVEIRA, P. A. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia:Embrapa-Cnpisa, 1993. 188 p. Documentos n° 27.

OLIVEIRA, S. et al. Características de carcaça e morfologia de órgãos de suínos alimentados com casca de café Melosa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 798-799. a.

OLIVEIRA, S. et al. Substituição do milho por casca de café em rações isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 424-436, 2001.b.

PEARSE, A. G. E. **Histochemistry**: Theoretical and applied. 2. ed. Baltimore: Williams and Wikins, 1972.

- PELOSO, J. V. Como medir a qualidade da carne na linha de abate de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE RENDIMENTO E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa-Cnpisa, 1998. p. 05-11.
- PENZ JÚNIOR, A. M. A influência da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** Concórdia: Embrapa-Cnpisa, 2000. p. 53-69.
- PETER, J. B. et al. Metabolic profiles of three fiber type on skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. **Biochemistry**, Washington, v. 11, n. 14, p. 2627-33, 1972.
- PETTIGREW, J. E.; ESNAOLA, M. A. Swine nutrition and pork quality: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, supl. E, p. E316-E342, 2001.
- PICARD, B. et al. Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. **Reproduction Nutrition Development**, Les Ulis, v. 42, n. 5, p. 415-431, 2002.
- POMAR, C.; FORTIN, A.; MARCOUX, M. Estimação do rendimento magro de carcaças suínas com base em diferentes metodologias para medir espessura de gordura e músculo. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.cnpisa.embrapa.br/pork>> Acesso em: 15 jan. 2001.
- POND, W. G. et al. Effect of dietary fat and cholesterol level on growing pigs selected for three generations for high or low serum cholesterol at age 56 days. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 70, n. 8, p. 2462-2470, 1992.
- POND, W. G. Thoughts on fiber utilization in swine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 65, n.2, p.497-499, 1987.
- POND, W. G.; JUNG, H. G.; VAREL, V. H. Effect of dietary fiber on young genetically lean, obese and contemporary pigs: body weight, carcass measurements, organ weights and digesta content. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, n. 3, p. 699-706. 1988.
- PONSANO, E. H. G. et al. Performance and color of broiler fed diets containig *Rhodocyclus gelatinosus* biomass. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 6, n. 4, p. 237-242, 2004.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J. Prediction of tissular body composition from protein and lipid deposition in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, n. 6, p. 1567-1575, 1995.
- RAIJ, B. VAN et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1992. 170p. Boletim técnico n° 100.
- RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAÜN, M. C.; DOUMAND, J. Y. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, n. 3, p. 591-599, 1999.

REUTER, B. J. et al. Evaluating the point of separation, during carcass fabrication, between the beef wholesale rib and the beef wholesale chuck. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, n. 1, p. 101-107, 2002.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos** - composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 2000.

RUSH, I.; GROTELUESCHEN, D. **Urinary calculi (waterbelly) in cattle and sheep**. 1996. Disponível em: <<http://ianrpubs.unl.edu>>. Acesso em: 28 jul. 2005.

SABARENSE, C.M. **Avaliação do efeito de ácidos graxos trans sobre o perfil de ácidos graxos teciduais de ratos que consumira diferentes teores de ácidos graxos essenciais**. São Paulo, 2003, 130f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2003.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974.

SARTORI, J. R. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição de fibras musculares esqueléticas de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1779-1790, 2001.

SAS. **SAS user' s guide** statistic - version 6.12.ed. Cary: SAS INSTITUTE, 1998.

SHAW, D.T. et al. Impact of vitamin and mineral supplement withdrawal and wheat middling inclusion on finishing pig growth performance, fecal mineral concentration, carcass characteristics, and the nutrient content and oxidative stability of pork. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, n. 11, p. 2920-2930, 2002.

SHIMOKOMAKI, M. Princípios da qualidade da carne. In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE DA CARNE, 1., 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 2003. CD-ROM.

SHULZE, H.; LEEUWEN, P. VAN; VERSTEGEN, M. W. A. Effect of level dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, n. 9, p. 2362-2368, 1994.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1990.

SILVA, J. H. V., ALBINO, L. F. T., GODÓI, M. J. S. Efeito do extrato do urucum na pigmentação da gema dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1435-1439, 2000.

SOUFFRANT, W. B. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdã, v. 90, n. 1-2, p. 93-102, 2001.

SOUTHGATI, D.; ENGLYST, H. Dietary fibre: chemistry, physical properties and analysis. In: TROWELL, H; BURKITT, D; HEATON, K. **Dietary foods and disease**. London: Academic Press, 1985. p. 31-55.

SOUZA, M. F. de; MAGALHÃES, W. L. E.; PERSEGIL, M. C.; Silica derived from burned rice hulls. **Materials Research**, São Carlos, v. 5, n. 4, p. 467-474, 2002.

SZENTMIHÁLYI, S. NPN as a way of saving protein feeds for ruminants, including ammonia treatment of fibrous residues. In: FAO EXPERT CONSULTATION ON THE SUBSTITUTION OF IMPORTED CONCENTRATE FEEDS IN ANIMAL PRODUCTION SYSTEMS IN DEVELOPING COUNTRIES, 1985, Bangkok. **Anais eletrônicos...** Disponível em <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 02 ago. 2005.

TARRANT, P. V. Some recent advances and future priorities in research for the meat industry. **Meat Science**, Savoy, 49, supl. 1, p. S1-S16, 1998.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**, 3. ed. Wallingford: CABI Publishers, 1999.

UNIVERSITY OF NEBRASKA. **Bovine miology**. Disponível em: <<http://bovine.unl.edu/bovine3D/eng/glos.jsp>>. Acesso em: 28 jun. 2005.

VICENZI, R.; BILHALVA, A. B.; TREPTOW, R. de O. Avaliação sensorial do suco de maçã processado com casca de arroz como coadjuvante de prensagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 257-261, 2001.

WARPECHOWSKI, M. B. et al. Efeito da restrição alimentar quantitativa sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. QUA-029. CD-ROM.

WARRISS, P. Considerations on methods of assessing pork meat quality. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS, 1., 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: CTC, 1995. p. 91-108.

WHITTEMORE, C. Nutritional manipulation of carcass quality in pigs. In: COLE, D. J. A. **Recent development in pig nutrition**, 2.ed. Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p. 12-19.

ZAGURY, F. T. R. Abate de suínos pesados: vale a pena?. **Porkworld**, Campinas, v.1, n.4, p.30-34, jan./fev. 2002.