

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**NÍVEIS E TIPOS DE FIBRA DIETÉTICA PARA SUÍNOS
PESADOS EM RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA**

Daniela Junqueira Rodrigues

Zootecnista

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**NÍVEIS E TIPOS DE FIBRA DIETÉTICA PARA SUÍNOS
PESADOS EM RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA**

Daniela Junqueira Rodrigues

Orientador: Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz

Coorientador: Prof. Dr. Urbano dos Santos Ruiz

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.

2015

R696n Rodrigues, Daniela Junqueira
Níveis e tipos de fibra dietética para suínos pesados em
restrição alimentar qualitativa / Daniela Junqueira Rodrigues. –
Jaboticabal, 2015
xi, 101 p. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientadora: Maria Cristina Thomaz

Coorientador: Urbano dos Santos Ruiz

Banca examinadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel, Luciano
Hauschild, Fábio Enrique Lemos Budiño, Pedro Henrique Watanabe
Bibliografia

1. Celulose. 2. Fibra insolúvel. 3. Fibra solúvel. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.4:636.087

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO: NÍVEIS E TIPOS DE FIBRA DIETÉTICA PARA SUÍNOS PESADOS EM RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA

AUTORA: DANIELA JUNQUEIRA RODRIGUES

ORIENTADORA: Profa. Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. URBANO DOS SANTOS RUIZ

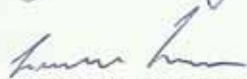
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ


Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. FABIO ENRIQUE LEMOS BUDINO

Instituto de Zootecnia / Nova Odessa/SP


Prof. Dr. PEDRO HENRIQUE WATANABE

Universidade Federal do Ceará / Fortaleza/CE

Data da realização: 23 de fevereiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

DANIELA JUNQUEIRA RODRIGUES – nascida em 05 de agosto de 1986, na cidade de Santos - SP, filha de Luiz Francisco Peirão Rodrigues e Debora Maria de Salles Junqueira, concluiu o ensino fundamental em 2000 e o ensino médio em 2003 nas escolas Integrado e Villa Lobos, respectivamente, na cidade de Amparo–SP. Gradou-se em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp - Câmpus de Jaboticabal em dezembro de 2008. Em março de 2009, ingressou no curso de Mestrado em Produção Animal Sustentável, na área de Nutrição de Monogástricos, pelo Instituto de Zootecnia – Nova Odessa – SP, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2011, no mês de março do mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp - Câmpus de Jaboticabal, na área de Nutrição de Monogástricos, sob orientação da Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei;
não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.
As facilidades nos impedem de caminhar.
Mesmo as críticas, nos auxiliam muito.”

Chico Xavier

Dedico,

Às “Marias”

A minha sobrinha Maria Luiza, o anjo que passou pela nossa família para que pudéssemos entender o significado de amor incondicional.

A minha afilhada Maria Julia, o motivo da grande maioria dos meus sorrisos.

Ofereço,

Ao meu avô (in memoriam) e a minha avó, que são a base do que nossa família é, complicada, mas transbordando amor.

Ao meu pai, que nem que eu quisesse eu escolheria ter um pai tão incrível, e mesmo assim sempre acha que poderia ser melhor, impossível.

À minha mãe, uma eterna guerreira, meu atual maior exemplo de força e bondade, se algum dia eu for metade da pessoa que você é eu estarei satisfeita.

Ao meu tio Cassio, meu padrinho Ricardo que fazem tudo pela família e sempre me apoiam.

À minha irmã Mariana, que mesmo com todas as diferenças eu daria minha vida para vê-la feliz.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pelas vitórias que Ele me ajuda a conquistar diariamente.

À professora Dra. Maria Cristina Thomaz, pela orientação, ensinamentos e todas as oportunidades, além da incrível disponibilidade para com seus orientados.

Ao meu coorientador Urbano dos Santos Ruiz por toda a ajuda e paciência comigo, na criação e principalmente na finalização deste projeto.

Aos Professores que participaram das bancas de qualificação e defesa, Fábio Enrique Lemos Budiño, Jane Maria Bertocco Ezequiel, Jorge de Lucas Junior, Inês Andretta, Pedro Henrique Watanabe e Luciano Hauschild, pela disponibilidade e contribuição.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp – Câmpus de Jaboticabal, um lugar que me viu, e me fez crescer durante 5 anos de graduação e mais esses 4 anos de doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP pelo auxílio a pesquisa concedido.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa concedida durante esse período, além, da oportunidade de enriquecer meu conhecimento pessoal e profissional com a bolsa sanduiche, que proporcionou minha estada de 7 meses na University of Guelph.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura/FCAV-Unesp, Sr. Wilson e José, por toda a ajuda e amizade. Ao funcionário do Departamento de Engenharia Rural, Luizinho, quem foi um grande auxílio para a condução de parte do experimento. E a secretária Marta por toda atenção e disponibilidade com todos os alunos da profa Maria Cristina.

Ao grupo dos orientados da profa Cristina por toda a ajuda física e intelectual durante esses 4 anos, Everton, Fabrício, Marco, Maryane, Manuela, Fabricinho, Patrícia e aos estagiários que foram mais que fundamentais e nunca me largaram na mão

mesmo nas férias e tornaram a realização desse experimento muito mais divertida do que cansativa, Jade, Thaisa, Fernando e Ícaro.

À todos os pós graduandos e estagiários que passaram pelo setor de suinocultura nesses 4 anos.

À irmã que a FCAV me deu de presente há 11 anos atrás, Biskoita, agradecer por toda sua amizade sempre será pouco.


Aos grandes amigos que fiz nesse período, Diego, Teike, Paty, Fabricinho, Jade, Thaisa, Tocha, Renan. E a todos os amigos que conviveram comigo, tanto da pós-graduação como da graduação.

À todos aqueles que contribuíram com qualquer ajuda, ideia, palavra, companheirismo, ou mesmo apenas com um sorriso sem cada um de vocês nada teria sido possível.


CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo nº 015208/11 do trabalho de pesquisa intitulado "**Níveis e tipos de fibra dietética para suínos pesados em programa de restrição alimentar qualitativa**", sob a responsabilidade da Prof^a Dr^a Maria Cristina Thomaz está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 05 de Agosto de 2011.

Jaboticabal, 10 de Agosto de 2011.



Prof. Dr. Jeffrey Frederico Lui
Presidente - CEUA



Med. Vet. Maria Alice de Campos
Secretária - CEUA

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| LISTA DE TABELAS..... | iv |
| RESUMO..... | viii |
| ABSTRACT..... | X |
| CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 1 |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| REVISÃO DE LITERATURA..... | 2 |
| Abate de suínos pesados..... | 2 |
| Restrição alimentar..... | 3 |
| Restrição alimentar: quantitativa versus qualitativa..... | 3 |
| Uso da fibra na alimentação de suínos..... | 5 |
| Fibras solúveis e insolúveis..... | 7 |
| AGRADECIMENTOS..... | 9 |
| REFERÊNCIAS..... | 9 |
| | |
| CAPÍTULO 2 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA SOLÚVEL EM DIETAS DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS SOBRE O DESEMPENHO, A DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS, A TAXA DE PASSAGEM DA DIGESTA, O NÚMERO DE DIAS PARA ATINGIR 130 KG DE PESO VIVO E AS CARACTERÍSTICAS DAS FEZES..... | 14 |
| RESUMO..... | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| INTRODUÇÃO..... | 16 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 17 |
| Instalações, animais e dietas experimentais..... | 17 |
| Ensaio de desempenho..... | 18 |
| Taxa de passagem..... | 21 |
| Digestibilidade das dietas..... | 21 |
| Características das fezes..... | 22 |
| Delineamento experimental e análises estatísticas..... | 23 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 23 |
| CONCLUSÃO..... | 31 |
| AGRADECIMENTOS..... | 31 |
| REFERÊNCIAS..... | 32 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 3 - NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA SOLÚVEL SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, A QUALIDADE DA CARNE E O PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS..... | 35 |
| RESUMO..... | 35 |
| ABSTRACT..... | 36 |
| INTRODUÇÃO..... | 37 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 38 |
| Instalações, animais e dietas experimentais..... | 38 |
| Manejo e abate dos animais..... | 39 |
| Características de carcaça..... | 42 |
| Qualidade da carne..... | 42 |
| Análise do perfil de ácidos graxos da carne | 43 |
| Pesos dos órgãos do sistema digestório..... | 44 |
| Delineamento experimental e análises estatísticas..... | 44 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 44 |
| CONCLUSÃO..... | 53 |
| AGRADECIMENTOS..... | 53 |
| REFERÊNCIAS..... | 54 |
| | |
| CAPÍTULO 4 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA INSOLÚVEL EM DIETAS DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS SOBRE O DESEMPENHO, A DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS, A TAXA DE PASSAGEM DA DIGESTA, O NÚMERO DE DIAS PARA ATINGIR 130 KG DE PESO VIVO E AS CARACTERÍSTICAS DAS FEZES..... | 58 |
| RESUMO..... | 58 |
| ABSTRACT..... | 59 |
| INTRODUÇÃO..... | 60 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 61 |
| Instalações, animais e dietas experimentais..... | 61 |
| Ensaio de desempenho..... | 62 |
| Taxa de passagem..... | 65 |
| Digestibilidade das dietas..... | 65 |
| Características das fezes..... | 66 |
| Delineamento experimental e análises estatísticas..... | 67 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 67 |
| CONCLUSÃO..... | 76 |

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMENTOS..... | 76 |
| REFERÊNCIAS..... | 76 |
| CAPÍTULO 5 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA INSOLÚVEL SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, A QUALIDADE DA CARNE E O PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS..... | 80 |
| RESUMO..... | 80 |
| ABSTRACT..... | 81 |
| INTRODUÇÃO..... | 82 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 83 |
| Instalações, animais e dietas experimentais..... | 83 |
| Manejo e abate dos animais..... | 86 |
| Características de carcaça..... | 86 |
| Qualidade da carne..... | 87 |
| Análise do perfil de ácidos graxos da carne..... | 88 |
| Pesos dos órgãos do sistema digestório..... | 88 |
| Delineamento experimental e análises estatísticas..... | 89 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 89 |
| CONCLUSÃO..... | 97 |
| AGRADECIMENTOS..... | 97 |
| REFERÊNCIAS..... | 97 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA SOLÚVEL EM DIETAS DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS SOBRE O DESEMPENHO, A DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS, A TAXA DE PASSAGEM DA DIGESTA, O NÚMERO DE DIAS PARA ATINGIR 130 KG DE PESO VIVO E AS CARACTERÍSTICAS DAS FEZES

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel | 19 |
| Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel..... | 20 |
| Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para variáveis de desempenho, consumo diário de energia digestível, dias para atingir 130kg e taxa de passagem da digesta em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 24 |
| Tabela 4. Equações de predição das variáveis apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra solúvel..... | 25 |
| Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para os coeficientes de digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes e da energia das dietas de suínos em terminação, contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 27 |
| Tabela 6. Equações de predição dos coeficientes de digestibilidade das dietas de suínos, recebendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 27 |
| Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 29 |
| Tabela 8. Equações de predição dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 30 |
| Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 30 |
| Tabela 10. Equações de predição das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 31 |

CAPÍTULO 3 - NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA SOLÚVEL SOBRE: CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, QUALIDADE DA CARNE E PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE SUÍNOS ABATIDOS COM 130 KG DE PESO VIVO.

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel..... | 40 |
| Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel..... | 41 |
| Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das características de carcaça de suínos abatidos pesados, em função dos diferentes níveis de fibra solúvel nas dietas..... | 45 |
| Tabela 4. Equações de predição das características de carcaça apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 46 |
| Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das características qualitativas da carne de suínos pesados, em função dos diferentes níveis de fibra solúvel nas dietas..... | 48 |
| Tabela 6. Equações de predição das características qualitativas da carne, apresentadas na tabela 5, de suínos recebendo as dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 49 |
| Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades dos ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos abatidos pesados, recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 50 |
| Tabela 8. Equações de predição dos ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> apresentados na Tabela 7, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 51 |
| Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades obtidas através de análise das variáveis de peso dos órgãos do sistema digestório em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 52 |
| Tabela 10. Equações de predição do peso dos órgãos do sistema digestório apresentados na Tabela 9, de suínos recebendo as dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel..... | 52 |

CAPÍTULO 4 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA INSOLÚVEL SOBRE: DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS, PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS FEZES DE SUÍNOS ABATIDOS COM 130 KG DE PESO VIVO

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel..... | 63 |
| Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel..... | 64 |
| Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para as variáveis de desempenho, consumo diário de energia digestível, dias para atingir 130 kg e a taxa de passagem da digesta em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel.... | 68 |
| Tabela 4. Equações de predição das variáveis apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel. | 69 |
| Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes das dietas de suínos em terminação, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel..... | 71 |
| Tabela 6. Equações de predição dos coeficientes de digestibilidade das dietas de suínos, recebendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 71 |
| Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 72 |
| Tabela 8. Equações de predição dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 73 |
| Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 74 |
| Tabela 10. Equações de predição das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 75 |

CAPÍTULO 5 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA INSOLÚVEL SOBRE: CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, QUALIDADE DA CARNE E PESO DOS ÓRGÃOS DO TRATO GASTRINTESTINAL DE SUÍNOS ABATIDOS COM 130 KG DE PESO VIVO

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel..... | 84 |
| Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel..... | 85 |
| Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das características de carcaça de suínos abatidos pesados, em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 90 |
| Tabela 4. Equações de predição das características de carcaça apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 90 |
| Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das características qualitativas da carne de suínos pesados, em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 92 |
| Tabela 6. Equações de predição das características qualitativas da carne, apresentadas na Tabela 5, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 93 |
| Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) dos ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de suínos abatidos pesados, recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 94 |
| Tabela 8. Equações de predição dos ácidos graxos do músculo <i>Longissimus dorsi</i> apresentados na Tabela 9, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 95 |
| Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) obtidas para o peso dos órgãos do sistema digestório em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 96 |
| Tabla 10. Equações de predição do peso dos órgãos do sistema digestório apresentados na Tabela 9, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel..... | 96 |

NÍVEIS E TIPOS DE FIBRA DIETÉTICA PARA SUÍNOS PESADOS EM PROGRAMA DE RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA

Resumo – Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar dietas com níveis crescentes de fibras, solúvel e insolúvel, na alimentação de suínos abatidos pesados submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, sobre o desempenho, taxa de passagem da digesta, digestibilidade das dietas, composição e excreção de nutrientes e minerais nas fezes, características de carcaça, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne, pesos de órgãos do sistema digestório. Para cada um dos experimentos realizados foram utilizados, 32 suínos machos castrados, distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, em função do peso vivo inicial, sendo quatro tratamentos e oito repetições por tratamento. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle utilizada para os dois experimentos (com teores de 1,5 e 15,5% de fibra dietética solúvel e insolúvel, respectivamente); três dietas com adição de pectina purificada para atingir os teores de 4, 8 e 12% de fibra dietética solúvel (Experimento 1) e outras três com adição de celulose purificada para apresentarem 20, 25 e 30% de fibra dietética insolúvel (Experimento 2). O uso de maiores níveis de fibra solúvel na dieta prejudicou ($P < 0,05$) o desempenho dos animais, proporcionou aumento ($P < 0,05$) na taxa de passagem da digesta e de 44,84 dias necessários para atingir 130kg de peso vivo (81,53%). Os maiores níveis aumentaram a digestibilidade da fibra dietética total em 11,04% e a porcentagem de nitrogênio, potássio e sódio excretados nas fezes, em 20,31; 26,24 e 26,47%, respectivamente. Na avaliação das características de carcaça, os níveis crescentes de fibra dietética solúvel proporcionaram redução linear ($P < 0,05$) para o rendimento, espessura de toucinho média, área de olho e lombo e de gordura, peso de pernil e quantidade de carne magra, enquanto a porcentagem de carne magra na carcaça demonstrou aumento linear ($P < 0,05$) de 7,62%, com o maior nível de fibra dietética solúvel. Houve aumento ($P < 0,05$) linear dos pesos relativos dos órgãos do sistema digestório, exceto do fígado, com o aumento da fibra solúvel na dieta. Mesmo com a redução ($P < 0,05$) do consumo energético pelos animais, a fibra dietética insolúvel não proporcionou efeito ($P > 0,05$) no desempenho. A digestibilidade de todos os nutrientes das dietas, com exceção das fibras dietéticas solúvel, insolúvel e

total, foi prejudicada ($P < 0,05$) pelos maiores níveis de fibra insolúvel presente nas dietas dos animais. Além disso, foram observadas alterações ($P < 0,05$) na composição das fezes e também nas quantidades excretadas dos nutrientes.

O uso de maiores níveis de fibra insolúvel na dieta dos animais provocou reduções ($P < 0,05$) da espessura de toucinho média e da área de gordura, e aumento na relação carne/gordura. Além disso foi observado efeito ($P < 0,05$) quadrático na perda por gotejamento e aumento ($P < 0,05$) linear para o peso relativo de cólon dos animais. Conclui-se que as fibras dietéticas, solúvel e insolúvel, são eficientes para serem utilizadas em programa de restrição alimentar qualitativa para suínos abatidos pesados, em especial a fibra insolúvel, a qual, sua presença na ração em até 30% não prejudica o desempenho dos animais.

Palavras-chave: celulose, fibra insolúvel, fibra solúvel, pectina

LEVELS AND TYPES OF DIETARY FIBER FOR HEAVY PIGS IN QUALITATIVE FEED RESTRICTION PROGRAM

Abstract – Two trials were realized to evaluate diets with increasing levels of soluble and insoluble fiber in the feeding of finishing pigs for late slaughter, in a qualitative feed restriction program, on the growth performance, the digesta rate of passage, the diets digestibilities, the characteristics of the feces, the carcass traits, the meat quality, the fatty acids profile of the meat, the gastrointestinal tract organs weights. In each one of the trials, 32 male pigs, were assigned in a randomized block design, to control the initial body weight variation, being four treatments and eight replications in each treatment. The treatments were a control diet, used for both trials (1.5 and 15.5 % of soluble and insoluble dietetic fiber, respectively); three diets with purified pectin addition to achieve the levels of 4, 8 and 12% dietary soluble fiber and other three with purified cellulose addition to achieve the levels of 20, 25 and 30% dietary insoluble fiber. The higher levels of dietetic soluble fiber caused prejudice ($P < 0.05$) in the animal's performance, increased the passage rate of the digesta and in 44.84 day to achieve 130kg (81.53%). As well, the use of higher levels of soluble fiber increased the digestibility of total dietetic fiber in 11.04%, and the nitrogen, potassium and sodium presents in the feces in 20.31, 26.24 and 26.47%, respectively. In the carcass traits, the diets with increase of soluble fiber caused a linear reduction ($P < 0.05$) on the yield, the backfat thickness, the loin area, the fat area, the ham weight and the lean meat quantity, but the higher level of soluble fiber, increased in 7.62% the percentage of lean meat. The increase of soluble fiber in the diets showed linear increases ($P < 0.05$) to the relative weight of the digestive organs weights, exception the liver. The use of higher levels of insoluble fiber reduced ($P < 0.05$) the energy intake, but this not affected ($P > 0.05$) the animal's performance. The digestibility of all nutrients in the diets, excluding the soluble, the insoluble and the total dietetics fibers were prejudiced ($P < 0.05$) by the higher levels of the insoluble fiber in the diets. Moreover, differences ($P < 0.05$) in the feces composition and excretion were also affected by the diets. Reductions ($P < 0.05$) in the backfat thickness and in the fat area were observed, as well as a linear increase ($P < 0.05$) in the meat:fat ratio, with the highers levels of insoluble fiber in the animals

diets. There were also observed (<0.05) a quadratic effect in the meat drip loss and a linear increase ($P<0.05$) in the relative colon weight. In conclusion, the dietetic fiber, soluble or insoluble, are viable to be used in a qualitative feed restriction program to finishing pigs for a late slaughter, especially the insoluble fiber, which up to 30% in the diet do not cause any prejudice to the animal's performance.

Key words: cellulose, insoluble fiber, pectin, soluble fiber

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

A alimentação tem papel fundamental na suinocultura, pois, representa de 70 a 80% dos custos totais de produção (SILVA et al., 2006), principalmente pelas dietas dos animais serem, basicamente, compostas por milho e farelo de soja. Afinal, estes ingredientes fazem parte da alimentação de outros animais e também da alimentação humana e, portanto, suas disponibilidades e preços influenciam, diretamente no valor da produção. A suinocultura passa por períodos de instabilidade que, geralmente, estão ligados à elevação ou queda dos preços, tanto do suíno como dos insumos utilizados nas dietas. Devido ao suíno ser um animal que apresenta fácil aceitação aos diferentes alimentos, produtos alternativos podem ser utilizados nas dietas visando reduzir essa concorrência com o uso do milho e da soja, a instabilidade nos preços e a disponibilidade destes produtos.

Adicionalmente, as alterações na nutrição e a alimentação dos suínos podem interferir diretamente em diversos aspectos da produção, como no desempenho zootécnico, nas características das carcaças, na produção de resíduos, na saúde e no bem estar dos animais sendo, portanto, de fundamental importância conhecer as características nutricionais das dietas ou dos ingredientes utilizados em suas formulações, particularmente em relação ao teor de fibra dietética presente.

Nesse sentido, entender os efeitos das fibras solúveis e insolúveis na fisiologia digestiva e no consumo voluntário de ração é peça fundamental para obtenção de ótimo rendimento na produção de suínos (OWUSU-ASIEDU et al., 2006). Para isso, este trabalho visou avaliar diferentes níveis de duas fontes de fibra dietética, ambas purificadas, sendo uma solúvel e a outra insolúvel, na alimentação de suínos pesados, submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa. Realizou-se, assim, um estudo aprofundado sobre estes diferentes tipos de fibra dietética e seus efeitos na nutrição, na produção e manejo dos resíduos de suínos pesados, de modo a fornecer subsídios aos interessados em adotar essa técnica de produção. Para tanto, se faz necessário, primeiramente, entender as razões da criação de suínos pesados e a sua importância para a indústria suinícola; o que é a

restrição alimentar na criação destes animais, como e porque essa precisa ser realizada; sequencialmente, o que é a restrição qualitativa, e porque o uso da fibra pode tornar essa técnica viável, explicitando o conceito de fibra, quais seus tipos e os diferentes efeitos que estas podem ocasionar na alimentação dos suínos. Quantificar o nível ideal de cada tipo de fibra, solúvel ou insolúvel, na restrição alimentar qualitativa para suínos abatidos pesados e estudar seus efeitos sobre o desempenho, digestibilidade das dietas, excreção de minerais, características de carcaça, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne, peso de órgãos do sistema digestório, entre outros.

REVISÃO DE LITERATURA

Abate de suínos pesados

O aumento no peso de abate de suínos vem sendo adotado, por muitas empresas, há algum tempo. Este abate, com cerca de 130 kg de peso é desejável, pois possibilita o desenvolvimento de cortes mais elaborados (ABCS, 2009), que são um atrativo para o consumidor. Para o suinocultor, a venda de animais mais pesados pode ser interessante, pois permite reduzir os custos fixos de produção relacionados com a criação do leitão, enquanto nos frigoríficos, as carcaças mais pesadas possibilitam otimizar a linha de abate, reduzindo os custos operacionais por suíno abatido (ZAGURY, 2002).

O problema encontrado na produção de um animal com peso elevado de abate é o acúmulo de gordura na carcaça. A deposição proteica diária de um suíno é inicialmente crescente, apresentando pouca variação do início da fase de crescimento até os 90kg, 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 crescimento (NOBLET, 1996). Portanto, em um animal com o maior peso, ocorre aumento no consumo de ração, enquanto sua deposição diária de proteína é constante (ALBAR et al., 1990; WHITTEMORE, 1993; ELLIS et al., 1996; LATORRE et al., 2004), com conseqüente aumento de tecido adiposo.

Tradicionalmente, o peso de abate está relacionado com a quantidade de gordura nas carcaças dos suínos porém, atualmente, o mercado consumidor está mais exigente e preocupado com a saúde pressionando, assim, a suinocultura a especializar-se na produção de carne magra. A produção de suínos mais pesados pode ser vantajosa mas, para isso, deve-se vinculá-la com estratégias nutricionais que garantam boa remuneração ao produtor e visem maior qualidade das carcaças, otimizando a taxa de crescimento do animal e o rendimento de carne magra.

Restrição alimentar

Os principais fatores nutricionais que afetam a qualidade da carcaça são os teores de energia e proteína na dieta (MOREIRA et al., 2007), havendo várias estratégias nutricionais que vêm sendo estudadas para se obter melhoria na produção e na qualidade da carcaça suína. Dentre estas, uma alternativa é a restrição alimentar, que visa a melhoria na composição das carcaças e na eficiência de produção. O controle da ingestão calórica tem efeito de melhoria na qualidade da carcaça, mesmo que este possa prejudicar o desempenho animal (BELLAVÉR, 1995). Quando se altera o manejo alimentar à vontade por uma alimentação restrita, espera-se redução na taxa de crescimento e de deposição de gordura ao final do período de restrição, como também menor desenvolvimento dos órgãos envolvidos no metabolismo do alimento (POND; MERSMANN, 1990; STAMATARIS et al., 1991; GOIHL, 1995).

Restrição alimentar: quantitativa versus qualitativa

A restrição alimentar quantitativa é realizada controlando-se a quantidade de ração fornecida diariamente aos animais, visando o atendimento das exigências nutricionais dos suínos para formação de tecido magro (BELLAVÉR, 1995). O controle da quantidade de alimento fornecido ao animal, na fase final de terminação, visa melhorar a eficiência alimentar, reduzir a deposição de gordura na carcaça e diminuir a quantidade de dejetos/kg de suínos. No entanto, o uso desta técnica é dificultado pelas necessidades estruturais apropriadas nas baias e o consequente aumento na mão-de-obra, inviabilizando alguns sistemas de automação para fornecimento de ração. Além disso, a privação de alimento para suínos pode

repercutir em distúrbios comportamentais, prejudicando seu bem-estar (RAMONET et al., 1999).

Para minimização dos efeitos ocasionados pela adoção do sistema de restrição alimentar quantitativa, pode ser adotada a restrição alimentar qualitativa, sendo esta considerada uma estratégia natural, pois não necessita do uso de compostos sintéticos e não interfere no bem estar dos animais. Neste caso, a diluição da energia presente na dieta é possível com a inclusão de ingredientes de baixo valor energético, como coprodutos agrícolas, geralmente ricos em fibra (FRAGA et al., 2009a), de tal modo que o suíno esgote sua capacidade de ingestão, sem exceder o consumo usual de energia, o que aconteceria com uma dieta composta principalmente por milho e farelo de soja.

Desta maneira, o suíno recebe alimentação à vontade, porém não ingere energia suficiente para o máximo ganho de peso, que nessa fase, geralmente, se dá na forma de gordura. Além disso, a inclusão de ingredientes fibrosos, de características solúveis nas dietas de suínos, altera a forma de excreção do nitrogênio, diminuindo seu teor na urina e aumentando nas fezes, o que pode reduzir as perdas de nitrogênio por volatilização e a emissão de odores, como os provocados pela amônia (CANH et al., 1997; DECAMP et al., 2001), além, de não promover distúrbios comportamentais, como os ocasionados pela baixa ingestão de alimentos, mantendo assim o bem-estar do animal.

Para que a restrição alimentar qualitativa seja eficiente, deve-se adotar a inclusão de ingredientes que apresentem alta disponibilidade regional, além de baixo custo. Estes são geralmente coprodutos, subprodutos ou resíduos originados do processamento de matérias-primas tradicionais, porém, sempre de característica fibrosa. Entretanto, 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).

Diversos pesquisadores (GOMES et al., 2007; FRAGA et al., 2008a,b; QUADROS et al., 2008; FRAGA et al., 2009b), avaliaram o uso de fibras na alimentação de suínos e comprovaram a eficiência da fibra dietética na diluição energética das dietas sendo, portanto, uma interessante estratégia a ser adotada em programa de restrição alimentar qualitativa para animais em terminação e

abatidos pesados. Porém, existem pontos que precisam ser melhor estudados, como o tipo de fibra mais adequado, seus níveis e efeitos no produto final.

A inclusão de 20% de feno de alfafa em dietas de suínos foi eficiente em reduzir a deposição de gordura (KASS et al., 1980). Porém, no trabalho realizado por Pond et al. (1988), o mesmo nível de inclusão deste ingrediente não apresentou efeito sobre a carcaça dos animais. Moreira et al. (2007) fizeram a diluição da energia da dieta usando casca de arroz, como ingrediente fibroso, e sugeriram que é possível abater suínos, com peso aproximado de 115 kg, sem comprometer o desempenho e as características de carcaça, por meio da elevação da fibra dietética. Fraga et al. (2008a) também utilizando casca de arroz como diluente energético das dietas, verificaram que a restrição alimentar qualitativa foi eficiente em diminuir o consumo energético pelos suínos com peso elevado de abate, possibilitando manter a produção de carne magra, o que refletiu nas melhores tipificação e bonificação das carcaças pelo frigorífico.

Uso da fibra na alimentação de suínos

O termo “fibra dietética” foi usado, pela primeira vez, por Hipsley em 1953 que, na ocasião, considerou como sendo os constituintes não digeridos das dietas (BACH KNUDSEN, 2001). A definição fisiológica de fibra dietética refere-se aos componentes dietéticos resistentes à digestão por enzimas secretadas por aves, mamíferos monogástricos e peixes (BACH KNUDSEN et al., 1997). Quimicamente, a fibra dietética pode ser entendida como a soma dos polissacarídeos não amiláceos (PNA) e da lignina, presentes nos ingredientes (BACH KNUDSEN, 2001).

Nas plantas, a função das fibras é quase que exclusivamente estrutural (CHOCT, 1997). Dentre os compostos presentes na parede celular, os mais abundantes são a celulose, hemicelulose e pectina. Estes compostos são classificados em solúveis, como a pectina, e insolúveis, como a celulose, em função da capacidade de formar ou não solução homogênea com a água (BRITO et al., 2008), além dessa, outras características como a viscosidade, a composição, a capacidade de retenção de água, entre outras, diferenciam estes dois tipos de fibra e serão descritas nos tópicos seguintes.

O uso de fibra nas dietas de suínos não é uma alternativa recente. Muitos estudos já foram realizados com o intuito de melhor compreender a digestão dos PNAs pelos monogástricos e seus efeitos na nutrição destes animais (FRANK, et al., 1983; FERNÁNDEZ; JØRGENSEN, 1986; SCIPIONI, 1991; DROCHNER, 1993). Na nutrição de suínos o uso da fibra dietética pode ter diferentes funções, como fornecimento de energia por meio da fermentação no intestino grosso produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC); a substituição dos antibióticos e quimioterápicos na saúde intestinal de leitões, a saciedade dos animais em terminação visando a qualidade de carne, além do bem estar e controle de ganho de peso para reprodutores, especialmente em fêmeas em gestação.

A contribuição da fibra no fornecimento de energia para os suínos está condicionada, principalmente, à contribuição dos AGCC para as células do epitélio intestinal (BINDELLE et al., 2008). Segundo Jorgensen et al. (1996), menos de 1% dos AGCC decorrentes da degradação microbiana dos PNAs são eliminados pelo animal e a maior parte, em torno de 88%, é direcionada para o anabolismo dos lipídeos, contribuindo, portanto para a deposição de gordura dos animais.

A utilização de ingredientes fibrosos nas dietas de suínos, em especial na fase pós-desmame, tem sido avaliada como um modulador da microbiota e, conseqüentemente, da saúde intestinal, visando o melhor desempenho do animal. A fração fibrosa não é digerida enzimaticamente, portanto, torna-se disponível à fermentação microbiana no intestino grosso (MOLIST et al., 2009). A fibra pode ser benéfica devido a certos efeitos fisiológicos, como aumentos das secreções gástricas e intestinais, do turnover dos enterócitos e do estímulo à motilidade intestinal (WHITNEY et al., 2006), além dos AGCC produzidos pela fermentação intestinal desta fração, sendo estes utilizados de diferentes formas pelo organismo do animal.

Na fase de crescimento, as recomendações do uso de fibra dietética nas dietas são mais restritas, pois nesta fase os animais apresentam elevado ganho muscular, e portanto, busca-se explorar, ao máximo, o potencial de crescimento do suíno, não sendo interessante utilizar ingredientes que não contribuam para a deposição de tecido magro. Além disso, nesta fase os animais apresentam baixa capacidade de degradação da fibra dietética, o que também ocasiona menor

digestibilidade da dieta e, conseqüentemente, menor aproveitamento dos nutrientes pelo animal.

Gomes et al. (2008) testaram um manejo alimentar alternativo, fornecendo um incremento de 8% de fibra em detergente neutro (FDN) em dietas para suínos, por meio da utilização de feno de tifton, durante todas as fases da criação e obtiveram melhoria dos parâmetros de carcaça dos animais criados para atender o atual mercado consumidor, que apresenta preferência por carcaças mais leves, com maiores rendimentos de cortes e de carne magra nas carcaças.

Animais em terminação apresentam taxa de deposição muscular mais baixa do que em fases anteriores, com elevada deposição de gordura, portanto, devido ao alto consumo destes animais, dietas menos densas nutricionais e energeticamente são exigidas (EWAN, 1991). O uso de ingredientes fibrosos, nesta fase, pode ser considerada uma boa alternativa, pois reduz a energia presente na dieta, além de provocar a sensação de saciedade, reduzindo, portanto, o consumo energético, o que leva à diminuição da deposição de gordura na carcaça. Estes fatores estão relacionados não apenas à presença de fibra mas, também ao teor e tipo de fibra utilizado. Assim, uma prática que tem sido muito empregada é a restrição alimentar, por meio do controle da ingestão calórica pelos animais por meio da maior participação da fibra na dieta, de modo a garantir a qualidade de suas carcaças (LUDKE et al., 1998).

Fibras solúveis e insolúveis

As análises para quantificação da fibra nas dietas ou em seus ingredientes, por meio da determinação da fibra bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, subestimam o teor real da fibra dietética, pois contabilizam, apenas a presença de fibras insolúveis e lignina. A fim de suprir a ausência de informações a respeito, métodos para estimar a fração solúvel da fibra, nos ingredientes e nas dietas, foram elaborados (HALL et al., 1998) criando, assim, a possibilidade de analisar separadamente os efeitos das fibras solúveis e insolúveis nos processos digestivos, fator importante devido aos diferentes efeitos que cada uma pode proporcionar.

A fração solúvel, da qual faz parte a pectina, dissolve-se facilmente em água, mesmo fria, e tem como característica aumentar a viscosidade da digesta no intestino delgado reduzindo, assim, o tempo de trânsito (OWUSU-ASIEDU et al., 2006) e reduzindo a mistura dos componentes da dieta com as enzimas digestivas endógenas (JOHNSTON et al., 2003). Esse aumento na viscosidade pode tornar os nutrientes menos disponíveis para a digestão e gerar menor aproveitamento de gorduras, proteínas, carboidratos e micronutrientes (CONTE et al., 2002). A fermentação da fração solúvel no intestino grosso é elevada, além disso, esta é substrato para a microbiota produzir ácidos graxos de cadeia curta - AGCC (DIKEMAN; FAHEY Jr., 2006), predominando os, acetato, propionato, butirato, lactato, succinato, bem como H₂O e vários gases como CO₂, H₂ e CH₄ (MONTAGNE et al., 2003).

A fração insolúvel é composta por polissacarídeos como a celulose e hemicelulose, que interagem fortemente entre si e não são dissolvidos facilmente em água. Esta fração promove diminuição no tempo de retenção da digesta, ocasionando também a diminuição no aproveitamento dos nutrientes, e independentemente da categoria animal, aumento na capacidade de retenção de água (MONTAGNE et al., 2003).

Ambos os tipos de fibra, solúvel e insolúvel, reduzem a digestibilidade dos nutrientes das dietas, o que potencialmente os qualificam para serem utilizados na diluição energética das dietas de suínos abatidos pesados, submetidos a programas de restrição alimentar qualitativa. Porém, as formas e magnitudes destas diminuições na digestibilidade das dietas podem ser divergentes, devido às suas diferentes características. Além disso, os ingredientes fibrosos têm diferentes composições em fibras, criando mais uma dificuldade para inclusão destes nas dietas.

Deste modo, tornou-se justificável a realização de um experimento para quantificar o nível ideal de cada tipo de fibra, solúvel ou insolúvel, fazendo uso de fontes purificadas, utilizadas na restrição alimentar qualitativa para suínos abatidos pesados.

AGRADECIMENTOS

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Processo nº: 2012/10206-2.

Bolsa de estudos cedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS

ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Um novo olhar sobre a carne suína**. Brasília-DF, 2009, 31p.

ALBAR, J.; LATIMIER, P.; GRANIER, R. Poids d'abattage: évolution des performances d'engraissement et de carcasse des porcs abattus au delà de 100 kg. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 22, p. 119–132, 1990.

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analyses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, p. 3-20, 2001.

BACH KNUDSEN, K. E.; JOHANSEN, H. N.; GLITSO, V. Methods for analysis of dietary fibre - advantage and limitations. **Journal Animal Feed Science**, v. 6, p. 185-206, 1997.

BELLAVER, C. Qualidade da carcaça relacionada à restrição alimentar. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. **Anais...**Campinas: CBNA, p. 21-33, 1995.

BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. **Biotechnology Agronomy Society and Environment**, v. 12, n. 1, p. 69-80, 2008.

BRITO, M. S.; OLIVEIRA, C. F. S.; SILVA, T. R. G.; LIMA, R. B.; MORAIS, S. N.; SILVA, J. H. V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos - revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.

CANH, T. T.; VERSTEGEN, M.W.; AARNINK, A.J.; SCHRAMA, J.W. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 700-706, 1997.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. p. 13-26. 1997.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; BERTECHINI, S. G.; FIALHO, E. T.; MUNI, J. A. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência Agrotécnica**, v. 26, n.6, p.1289-1296, 2002.

DECAMP, S. A.; HILL, B.; HANKINS, S. L.; HERR, C. T.; RICHERT, B. T.; SUTTON, A. L.; KELLY, D. T. ; COBB, M. L.; BUNDY, D. W.; POWERS, J. Effects of soybean hulls on pig performance, manure composition, and air quality. **Swine Research Report**, v. 13, p. 84-89, 2001.

DIKEMAN, C. L.; FAHEY Jr., G. C. Viscosity as related to dietary fiber: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, p. 649-663, 2006.

DROCHNER, W. Digestion of carbohydrates in the pig. **Archives of Animal Nutrition**, v. 43, n. 2, p. 95-116, 1993.

ELLIS, M.; WEBB, A. J.; AVERY, P. J.; BROWN, I. 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**, v. 62, p. 521–530, 1996.

EWAN, R. C. Energy utilization in swine nutrition. In: EWAN, R. C. **Swine nutrition**. Sl: Butterworth-Henemann, 1991, p. 121

FERNÁNDEZ, J. A.; JØRGENSEN, J. N. Digestibility and absorption of nutrients as affected by fibre content in the diet of the pig. Quantitative aspects. **Livestock Production Science**, v. 15, n. 1, p. 53-71, 1986.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; MALHEIROS, E. B. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 869-875, 2008a.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; MARTINS, M. I. E. G.; KRONKA, R. N.; RUIZ, U. S.; SCANDOLERA, A. J. Avaliação econômica do uso da restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1050-1054, 2008b.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; D'ANGELIS, F. H. F. Qualitative feed restricted heavy swine: meat quality and morpho-histochemical characteristics of muscle fibers. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 5, p. 1145-1156, 2009a.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; NADAI, A. Qualitative feed restriction for

heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 6, p. 1353-1363, 2009b.

FRANK, G. R.; AHERNE, F. X.; JENSEN, A. H. A study of the relationship between performance and dietary component digestibilities by swine fed different levels of dietary fiber. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 3, p. 645-654, 1983.

GOIHL, J. Dietary protein, feed restriction affected compensatory growth in swine. **Feedstuffs**, v. 67, n. 53, p. 11, 1995.

GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; GROSSKLAUS, C.; UTIYAMA, C. E.; OETTING, L. L.; SOUZA, L. W. O.; FUKUSHIMA, R. S.; FAGUNDES, A. C. A.; SOBRAL, P. J. A.; LIMA, C. G. Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. Suínos em crescimento e terminação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 483-492, 2007.

GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; MARTELLI, M. R.; SOBRAL, P. J. A.; FUKUSHIMA, R. S. Desempenho e Características de Carcaça de Suínos Alimentados com Dieta com Feno de Tifton (*Cynodon Dactylon*). **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, p.59-67, 2008.

HALL, M. B.; PELL, A. N.; CHASE, L. E. Characteristics of neutral detergent-soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. **Animal Feed Science and Technology**, v. 70, n. 1-2, p. 23-39, 1998.

JOHNSTON, L. J.; NOLL, S.; RENTERIA, A.; SHURSON, J. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON ALTERNATIVE FEEDS FOR LIVESTOCK AND POULTRY, 3., 2003, Kansas City. Disponível em: <www.wcroc.cfans.umn.edu>. Acesso em: 09 jun. 2011.

JORGENSEN, H.; ZHAO, X.; EGGUM, B. O. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.365-378, 1996.

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**, v. 50, n. 1, p.175-191, 1980.

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-Cnpes, p. 18-24, 1998.

LATORRE, M. A.; LÁZARO, R.; VALENCIA, D. G.; MEDEL, P.; MATEOS, G. G. The effects of sex and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 526–533, 2004.

LUDKE, J. V.; BERTOL, T. M.; SCHEUERMANN, G. N. Manejo da alimentação. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S.; SESTI, A. C. **Suinocultura Intensiva**. Concórdia: Embrapa-Cnpisa, 1998, p. 65-90.

MOLIST, F.; GOMES DE SEGURA, A.; GASA, A. et al. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.149, p.346-353, 2009

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, p. 95-117, 2003.

MOREIRA, I.; VOORSLUYS, T.; MARTINS, R. M.; PAIANO, D.; FURLAN, A. C.; SILVA, M. A. A. Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, características de carcaça e poluição ambiental. **Acta Animal Science**, v. 29, n. 2, p. 179-185, 2007.

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, p. 15-25, 1996.

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

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARYELD, B.; VAN KESSEL, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 843-852, 2006.

POND, W. G.; MERSMANN, H. J. Differential compensatory growth in swine following control feed intake by a high-alfafa diet fed ad libitum or by limited feed. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 352, 1990.

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**, v. 66, n. 3, p. 699-706, 1988.

QUADROS, A. R. B.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; RIBEIRO, C. R.; PERDIGÃO, L.; KUTSCHENKO, M. Inclusão de diferentes níveis de casca de soja moída em dietas isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. **Revista Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 463-469, 2008.

RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAUN, 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**, v. 77, n. 3, p. 591-599, 1999.

SCIPIONE, R.; SARDI, L.; BARCHI, D.; ACCORSI P. A.; PACCHIOLI, M. T. Elevate quantità di insilati nell'alimentazione del suino pesante: effetti sulle performance di accrescimento e di macellazione. **Rivista di Suinocoltura**, Roma, v. 32, n. 1, p. 71-78, 1991.

SILVA, M. A. A.; FURLAN, A. C.; MOREIRA, I.; PAIANO, D.; JOBIM, C. C.; BARCELLOS, L. C. G. Avaliação nutricional do milho com maior teor de óleo, nas formas de grãos secos e silagens, para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 830-839, 2006.

STAMATARIS, C.; KYRIAZAKIS, I.; EMANNS, G. C. The performance and body composition of young pigs following a period of growth retardation by food restriction. **Animal Production**, v. 53, p. 97-103, 1991.

WHITNEY, M. H.; SHURSON, G. C.; GUEDES, R. C. Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles, soybean hulls, or a polyclonal antibody product on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1880–1889, 2006.

WHITTEMORE, C. T. Nutritional manipulation of carcass quality in pigs. In: COLE, D.J.A.; HARERDIGN, W.; GARNSWORTTY, P.C. (Eds.). 1993. **Recent Developments in Pig Nutrition**, v. 2, p. 12-19, 1993.

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

CAPÍTULO 2 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA SOLÚVEL EM DIETAS DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS SOBRE O DESEMPENHO, A DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS, A TAXA DE PASSAGEM DA DIGESTA, O NÚMERO DE DIAS PARA ATINGIR 130 KG DE PESO VIVO E AS CARACTERÍSTICAS DAS FEZES

RESUMO – Objetivou-se comparar níveis crescentes de inclusão de fibra dietética solúvel (pectina purificada) em dietas de suínos dos $78,38 \pm 10,96$ aos $125,96 \pm 16,45$ kg de peso, submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, sobre o desempenho, o consumo de energia, a taxa de passagem da digesta, os dias necessários para atingirem 130 kg de peso vivo, a digestibilidade das dietas, e as características das fezes dos suínos. Foram utilizados 32 suínos, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso em função do peso vivo inicial, sendo quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle (com 1,5% de fibra dietética solúvel) e três dietas com adição de pectina até atingirem os teores de 4, 8 e 12% de fibra solúvel. A inclusão de maiores níveis de fibra solúvel nas dietas dos animais prejudicou ($P < 0,05$) as variáveis de desempenho, proporcionou diminuição ($P < 0,05$) na taxa de passagem da digesta e aumento de 81,53% nos dias necessários para atingir 130kg de peso vivo. Os níveis de fibra dietética solúvel nas dietas afetaram ($P < 0,05$) a digestibilidade da matéria seca, energia bruta, fibra em detergente neutro, fibra dietética solúvel, fibra dietética insolúvel e fibra dietética total. A composição das fezes dos suínos apresentou diferenças ($P < 0,05$) em função dos níveis de fibra presente nas dietas, como aumento linear na quantidade de nitrogênio, potássio e sódio. A excreção de matéria mineral e de fósforo sofreram efeito quadrático ($P < 0,05$) dos tratamentos testados. Conclui-se que maiores níveis de fibra dietética solúvel, em dietas para suínos em terminação, prejudicam o desempenho dos animais e a digestibilidade das dietas, porém, são eficientes para o processo de restrição alimentar qualitativa.

Palavras-chave: consumo de energia, nutrição, pectina

CHAPTER 2 – LEVELS OF DIETETIC SOLUBLE FIBER TO SWINE SLAUGHTER HEAVY ON THE PERFORMANCE, THE DIGESTIBILITY OF DIETS, THE DIGESTA PASSAGE RATE, THE DAYS TO REACH 130 KG OF BODY WEIGHT AND THE PRODUCTION AND CHARACTERISTICS OF THE FECES

ABSTRACT – The aim of this study was to compare the inclusion of increasing levels of dietetic soluble fiber (purified pectin) in the diets of pigs between 78.38 ± 10.96 to 12596 ± 16.45 kg of body weight, in a qualitative feed restriction program, in the growth performance, the energy intake, the diets digestibility, the digesta passage rate, the days enough to reach 130 kg of live weight, so as the feces characteristics. In total thirty-two pigs, were assigned to four dietary treatments and eight replications in a randomized block design, to control the initial body weight differences. The treatments were a control diet (1.5% of soluble dietetic fiber) and three diets with pectin addition to achieve the levels of 4, 8 and 12% dietary soluble fiber. The higher levels of dietetic soluble fiber caused prejudice ($P < 0.05$) in the animal's performance, increased the passage rate of the digesta and the days to achieve 130kg of animals weight, this one in 81.53%. As well, the use of higher levels of soluble fiber had effect in the digestibility of the dry matter, the gross energy, the neutral detergent fiber, dietetic soluble, insoluble and total fiber. The nitrogen, potassium and sodium presents in the feces increases in 20.31, 26.24 and 26.47%, respectively. In conclusion, higher levels of dietetic fiber prejudice the animal's performance and the diets digestibility, but were efficient to the qualitative feed restriction program.

Keywords: energy intake, nutrition, pectin

INTRODUÇÃO

Para o abate de suínos pesados, faz-se necessário controlar a energia consumida pelo animal, visto que a taxa de deposição de gordura após os 110 kg continua crescente, enquanto a de proteína atinge seu platô. Uma técnica para o controle do consumo energético é a restrição alimentar qualitativa, que consiste em diluir a energia da dieta e portanto permitir que o animal consuma ração o suficiente para sua saciedade e bem estar, porém, não excedendo o consumo energético ideal para uma deposição de gordura adequada.

Essa técnica é realizada com a inclusão de ingredientes fibrosos na dieta, o que muitas vezes pode ser um problema devido à falta de informações sobre a composição destes. As grandes variações nos tipos, quantidade e solubilidade das frações de fibra presentes no ingrediente escolhido, sempre são um interessante ponto de estudo para a produção de suínos, visto que cada tipo de fibra tem uma ação sobre o trato gastrintestinal do animal (ROEHRIG, 1988). Segundo Watanabe et al. (2010), ingredientes de característica fibrosa têm apresentado boa viabilidade como fonte de energia para suínos em terminação.

A fibra solúvel é normalmente a fração menos presente nos ingredientes mais usados na formulação de dietas para suínos, porém, mesmo em baixa porcentagem nas dietas pode proporcionar efeito negativo aos animais. Sua principal característica é que dissolve-se em água, proporcionando aumento na viscosidade da digesta, aumentando, portanto, a taxa de passagem. Esse aumento na viscosidade pode tornar os nutrientes menos disponíveis para a digestão e gerar menor aproveitamento de gorduras, proteínas, carboidratos e micronutrientes (CONTE et al., 2002). Por outro lado, essa digesta será usada como substrato para a fermentação microbiana no ceco (JOHNSTON et al., 2003), produzindo ácidos graxos de cadeia curta - AGCC (DIKEMAN; FAHEY Jr., 2006), que são utilizados como fonte de energia para o animal. Outro efeito que pode ocorrer devido à esta fermentação é o aumento da perda endógena de nitrogênio (ETIENE 1987; JANSMANN et al., 2002).

A falta de padronização dos ingredientes fibrosos usados para restrição alimentar qualitativa (geralmente coprodutos de indústrias agrícolas) pode dificultar a

inclusão destes nas dietas dos suínos, devido às diferentes respostas que o animal pode apresentar em função da quantidade e dos diferentes tipos de fibra presentes em um mesmo ingrediente, Assim, torna-se interessante o estudo de fontes de fibras purificadas, pois, assim a compreensão dos efeitos serão mais fácil,

A pectina é uma fibra solúvel encontrada, principalmente, na laranja, maçã e casca de maracujá, sendo utilizada, geralmente, em sua forma purificada, o que torna possível conhecer os efeitos individuais que a fibra dietética solúvel proporciona aos animais. Assim, tendo em vista seus efeitos na nutrição de suínos, justificou-se o desenvolvimento deste estudo, que teve como objetivo comparar níveis crescentes de inclusão de fibra dietética solúvel (pectina purificada) às dietas de suínos em terminação, abatidos pesados e submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, sobre o desempenho, a digestibilidade das dietas, a taxa de passagem da digesta e os dias necessários para atingirem 130 kg de peso vivo, as características das fezes.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações, animais e dietas experimentais

O ensaio foi conduzido nas instalações experimentais do Laboratório de pesquisas em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Utilizou-se 32 suínos machos castrados de linhagem comercial, com peso inicial médio de $78,38 \pm 10,96$ kg e distribuídos nos tratamentos experimentais segundo o delineamento em blocos a acaso, formados de acordo com o peso inicial, com quatro dietas experimentais (tratamentos) contendo diferentes níveis de fibra solúvel, e oito repetições, com um animal constituindo a unidade experimental. Os animais foram alojados em baias individuais com $2,55\text{m}^2$ cada, equipadas com comedouros semiautomáticos e bebedouros do tipo chupeta. Inicialmente os animais foram submetidos a um período de 5 dias de adaptação às instalações e dietas, recebendo duas refeições diárias, às 8h e às 17h. Após o período de adaptação, iniciou-se o

ensaio de desempenho, o qual durou 58 dias, com os animais recebendo as dietas pré-determinadas, até atingirem $125,96 \pm 16,45$ kg de peso.

As dietas foram formuladas para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2011), para suínos de alto potencial genético, de acordo com o conceito da proteína ideal, em duas fases, sendo: 1- dos $78,38 \pm 10,96$ aos $101,16 \pm 13,37$ kg de peso vivo e 2- dos $101,16 \pm 13,37$ aos $125,96 \pm 16,45$ kg de peso vivo (Tabelas 1 e 2). Para obtenção dos teores de fibras solúveis das dietas foi adicionada pectina com 40% de fibra solúvel em sua composição (Pectin RS 467, DuPont™ Danisco®), na quantidade necessária, levando-se em consideração as fibras já presentes nos ingredientes utilizados na formulação das dietas. Os tratamentos experimentais foram:

- DC - Dieta controle, composta principalmente por milho e farelo de soja, contendo 1,5% de fibra solúvel;
- D 4FS - Dieta com adição de pectina purificada até atingir 4% de fibra solúvel;
- D 8FS - Dieta com adição de pectina purificada até atingir 8% de fibra solúvel e;
- D 12FS - Dieta com adição de pectina purificada até atingir 12% de fibra solúvel.

Ensaio de desempenho

Os animais receberam ração e água à vontade durante todo o ensaio, sendo as sobras de ração recolhidas e pesadas diariamente, e o peso dos animais registrados ao final de cada fase. De posse destas informações foi possível determinar o consumo diário de ração (CDR), o consumo diário de energia digestível (CDED), o ganho diário de peso (GDP), a conversão alimentar (CA) dos animais e os dias necessários para atingir 130kg de peso vivo (D130), sendo este estimado através do ganho de peso diário dos animais. Como não houve redistribuição dos animais nos blocos ao final da fase 1, os dados foram analisados nos seguintes períodos: 1- dos $78,38 \pm 10,96$ aos $101,16 \pm 13,37$ kg de peso vivo (do 1° ao 28° dia de experimento) e Total- dos $78,38 \pm 10,96$ aos $125,96 \pm 16,45$ kg de peso vivo (do 1° ao 58° dia de experimento).

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel

| Ingredientes, % | Diets Experimentais ⁽¹⁾ | | | |
|--|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | FS 4 | FS 8 | FS 12 |
| Milho | 80,74 | 70,69 | 58,03 | 45,03 |
| Farelo de soja, 45% | 15,00 | 17,00 | 19,45 | 22,24 |
| Óleo de soja | 0,66 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Sal comum | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,37 |
| Fosfato bicálcico | 1,31 | 1,33 | 1,34 | 1,35 |
| Calcário | 0,34 | 0,32 | 0,31 | 0,30 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina. HCl, 78% | 0,28 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| L-Treonina, 98% | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,11 |
| DL-Metionina, 99% | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,10 |
| L-Triptofano, 98% | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| Pectin RS 467® ⁽³⁾ | - | 6,54 | 16,79 | 27,05 |
| Inerte | 1,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados ⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.230 | 3.090 | 3.019 | 2.947 |
| %redução EM | 0,00 | 4,33 | 6,53 | 8,76 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,40 | 3,89 | 7,83 | 11,81 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 14,00 | 13,25 | 12,56 |
| Cálcio, % | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 |
| Cloro, % | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,26 |
| Fósforo disponível, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Lisina dig., % | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| Metionina+cistina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,52 | 0,52 | 0,54 |
| Proteína bruta, % ⁽⁵⁾ | 14,16 | 14,18 | 14,16 | 14,26 |
| Sódio, % | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Treonina dig., % | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| Triptofano dig., % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

⁽¹⁾DC dieta controle; FS 4, FS 8 e FS 12: 4, 8 e 12% de fibra dietética solúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾Pectin RS 467, DuPont™ Danisco®; ⁽⁴⁾Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel

| Ingredientes, % | Dietas Experimentais ⁽¹⁾ | | | |
|--|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | FS 4 | FS 8 | FS 12 |
| Milho | 81,49 | 71,03 | 58,10 | 45,39 |
| Farelo de soja, 45% | 14,70 | 16,75 | 19,25 | 21,75 |
| Óleo de soja | 0,50 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Sal comum | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 |
| Fosfato bicálcico | 1,16 | 1,17 | 1,19 | 1,21 |
| Calcário | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,29 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina. HCl, 78% | 0,29 | 0,25 | 0,21 | 0,16 |
| L-Treonina, 98% | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| DL-Metionina, 99% | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| L-Triptofano, 98% | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pectin RS 467® ⁽³⁾ | - | 6,84 | 17,10 | 27,35 |
| Celite 545® | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Inerte | - | 2,00 | 2,20 | 2,20 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados ⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.229 | 3.095 | 3.017 | 2.946 |
| %redução EM | 0,00 | 4,18 | 6,59 | 8,80 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,43 | 3,97 | 7,94 | 11,91 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 13,96 | 13,19 | 12,44 |
| Cálcio, % | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| Cloro, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 |
| Fósforo disponível, % | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Lisina dig., % | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Metionina+cistina dig., % ⁽⁵⁾ | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,53 |
| Proteína bruta, % | 13,92 | 13,92 | 13,91 | 13,92 |
| Sódio, % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Treonina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Triptofano dig., % | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |

⁽¹⁾DC: dieta controle; FS 4, FS 8 e FS 12: 4, 8 e 12% de fibra dietética solúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾Pectin RS 467, DuPont™ Danisco®; ⁽⁴⁾Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Taxa de passagem

Para determinação da taxa de passagem da digesta, no 35º dia de experimento, ofereceu-se aos animais, alimento marcado com 1% de óxido férrico e marcou-se o tempo gasto em minutos, entre a ingestão deste alimento e o aparecimento das primeiras fezes com a coloração característica do marcador.

Digestibilidade das dietas

Durante o ensaio de desempenho, no 29º dia do período experimental, quando os animais $101,16 \pm 13,37$ kg de peso, realizou-se a avaliação da digestibilidade das dietas experimentais, em que foram determinados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA), fibra dietética solúvel (CDFDS), fibra dietética insolúvel (CDFDI), energia bruta (CDEB) e coeficiente de disponibilidade da matéria mineral (CDMM), empregando-se, o método da coleta parcial de fezes.

Para tanto, adicionou-se, às dietas experimentais, 1% de Celite 545®, que é o indicador interno de cinza insolúvel em ácido (CIA), sendo os animais alimentados com essas dietas durante três dias para regular o fluxo do indicador no trato gastrointestinal. Nos três dias subsequentes a esta adaptação, 200 gramas de fezes foram coletadas diretamente do reto dos animais, duas vezes ao dia, às 8h30 e 14h30. Estas foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados sendo, em seguida, armazenados em freezer a - 8 °C até o momento das análises. Após o período de coleta, as fezes foram descongeladas e homogeneizadas, para obtenção de uma amostra composta de cada animal, a qual foi submetida à pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Também foram coletadas amostras das dietas experimentais e dos ingredientes utilizados. Todas as amostras foram moídas em moinho do tipo “faca”, dotado de peneira com crivos de 1mm.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, determinando-se os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), de acordo com Silva e Queiroz (2002) e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica do tipo Parr. A partir destes valores, calculou-se os coeficientes de

digestibilidade aparente da MS, PB e EB, o coeficiente de disponibilidade da MM, bem como foram determinados os teores dos nutrientes e energia digestíveis das dietas. As determinações de CIA nas dietas e nas fezes foram efetuadas por meio de digestão das amostras em ácido clorídrico 4N, sob aquecimento, durante 45 minutos, filtragem do resíduo em papel de filtro quantitativo e, finalmente, incineração dos filtros e resíduos retidos, em forno tipo mufla a 500 °C por quatro horas, conforme método adaptado de Van Keulen e Young (1977).

As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991) e Silva e Queiroz (2002), respectivamente. As análises das fibras dietéticas solúvel (FDS), insolúvel (FDI) e total (FDT) foram realizadas, segundo AOAC (1995), na Unesp, Câmpus de Dracena.

Para o cálculo do fator de indigestibilidade (FI) foi usada a seguinte equação proposta por Sakomura e Rostagno (2007):

$$FI = CIA \text{ dieta} / CIA \text{ fezes}$$

Posteriormente às análises bromatológicas realizadas, os coeficientes de digestibilidade foram calculados utilizando-se a seguinte equação:

$$CD(\%) = 100 - (\%CIA \text{ dieta} / \%CIA \text{ fezes}) \times (\%nutriente \text{ fezes} / \%nutriente \text{ dieta})$$

Características das fezes

Para avaliação do potencial de impacto ambiental das fezes, foram estimadas as excreções (E) dos animais em sólidos totais (E-ST), sólidos voláteis (E-SV), matéria mineral (E-MM), nitrogênio (E-N); macrominerais, fósforo (E-P), cálcio (E-Ca), magnésio (E-Mg), potássio (E-K), sódio (E-Na) e microminerais, zinco (E-Zn), cobre (E-Cu), ferro (E-Fe) e manganês (E-Mn). As amostras de fezes usadas para estas avaliações foram as mesmas coletadas para avaliação da digestibilidade dos nutrientes das dietas.

As amostras de fezes foram submetidas à digestão por ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, para as determinações dos teores de Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, Fe e Mn. A partir do fator de indigestibilidade (FI) das dietas, determinado no ensaio de digestibilidade, determinou-se os teores dos componentes acima nas fezes.

Considerando-se o consumo das dietas (durante toda a fase 2) pelos animais e o FI, foram calculadas as excreções de fezes, em base seca, de acordo com a seguinte fórmula, adaptada de BERCHIELLI et al. (2005):

$$\text{Excreção de MS fecal (kg)} = \text{Consumo de MS} \times \text{FI}$$

As excreções dos resíduos, MO, MM, N, macro e microminerais nas fezes foram obtidas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Excreção de resíduos (g)} = \frac{\text{Excreção de MS fecal} \times \text{Componentes das fezes (\%)}}{100}$$

em que:

Componentes das fezes = MM, MO, N, P, Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, Fe ou Mn, expressos como porcentagem das fezes na MS.

A partir destes dados foram calculadas excreções médias de MM, MO, N, macro e microminerais nas fezes dos animais por tratamento, dos $101,16 \pm 13,37$ aos $125,96 \pm 16,45$ kg de peso vivo.

Delineamento experimental e análises estatísticas

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, para controlar diferenças no peso inicial, com quatro tratamentos, e oito repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Model) do programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) e em caso de significância (5%) foram realizadas análises de regressão linear e quadrática, com a finalidade de verificar efeitos quanto aos níveis de fibra dietética solúvel utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis de desempenho, no período 1, observou-se diminuições lineares ($P < 0,05$) para o consumo diário de ração e o consumo diário de energia digestível, à medida em que aumentaram os níveis de fibra solúvel nas dietas.

Efeitos quadráticos ($P < 0,05$) foram encontrados para o peso final, o ganho diário de peso e para a conversão alimentar, tendo como níveis ótimos 1,91; 2,19 e 3,95 % de fibra solúvel, respectivamente (Tabela 3 e 4).

No período total, também verificou-se diminuições lineares ($P < 0,05$) para peso final, consumo diário de ração, ganho diário de peso, consumo diário de energia digestível e taxa de passagem da digesta, conforme aumentaram os níveis de fibra solúvel nas dietas. Para a conversão alimentar e os dias para atingir 130 kg de peso vivo foram encontrados efeitos quadráticos ($P < 0,05$), com níveis ótimos de 3,40 e 2,99% de fibra solúvel nas dietas (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para variáveis de desempenho, consumo diário de energia digestível, dias para atingir 130kg e taxa de passagem da digesta em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|-------------------------------------|------------------|---------|---------|---------|--------|---------|------------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| PI, kg | 78,45 | 78,17 | 78,09 | 78,79 | 2,11 | 0,9796 | - |
| Período 1 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| PF, kg | 107,66 | 109,28 | 99,61 | 88,10 | 2,57 | 0,0001 | Quadrático |
| GDP, kg | 1,05 | 1,11 | 0,77 | 0,33 | 0,07 | <0,0001 | Quadrático |
| CDR, kg | 2,43 | 2,43 | 2,00 | 1,26 | 0,13 | 0,0003 | Linear |
| CA, kg/kg | 2,39 | 2,30 | 2,64 | 3,92 | 0,16 | <0,0001 | Quadrático |
| CDED, kcal/d | 9.079 | 8.393 | 6.182 | 4.082 | 453,03 | <0,0001 | Linear |
| Período Total ⁽³⁾ | | | | | | | |
| PF, kg | 136,99 | 135,82 | 124,02 | 107,34 | 3,17 | <0,0001 | Linear |
| GDP, kg | 0,98 | 0,96 | 0,77 | 0,48 | 0,05 | <0,0001 | Linear |
| CDR, kg | 2,01 | 1,85 | 1,72 | 1,33 | 0,07 | 0,0021 | Linear |
| CA, kg/kg | 2,05 | 1,96 | 2,29 | 2,95 | 0,09 | <0,0001 | Quadrático |
| CDED, kcal/d | 6.980 | 6.357 | 5.348 | 4.329 | 254,68 | <0,0001 | Linear |
| D130 | 55,00 | 54,37 | 68,00 | 99,84 | 6,61 | <0,0001 | Quadrático |
| TPD, min | 2.349,3 | 2.209,6 | 1.925,3 | 1.915,3 | 40,65 | 0,0001 | Linear |

⁽¹⁾PI: peso inicial; PF: peso final; GDP: ganho diário de peso; CDR: consumo diário de ração; CA: conversão alimentar; CDED: consumo diário de energia digestível; D130: dias para atingir 130 kg; TPD: taxa de passagem da digesta; ⁽²⁾Período 1: 78,38 ± 10,96 aos 101,16 ± 13,37kg; ⁽³⁾Período Total: 78,38 ± 10,96 aos 125,96 ± 16,45kg.

A inclusão de diferentes níveis de fibra solúvel nas dietas dos suínos utilizados no presente estudo proporcionou o efeito desejado para um programa de restrição alimentar qualitativa, tendo em vista que diminuiu linearmente reduzindo o consumo diário de energia digestível e o consumo diário de ração. Maiores teores de fibra nas dietas podem reduzir o consumo voluntário do animal, devido ao

preenchimento do trato gastrointestinal comprometendo, assim, o consumo de energia (SILVA et al., 2012; ZHANG et al., 2013). Esta fração tem como característica dar a dieta maior volume físico e portanto, provocar saciedade.

Anguita et al. (2007) e Zhang et al. (2013) testaram diferentes níveis de polpa de beterraba nas dietas de suínos e comprovaram redução no consumo voluntário de ração, justificado pela alta presença de fibra dietética solúvel neste ingrediente.

Tabela 4. Equações de predição das variáveis apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra solúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------|
| Período 1 ⁽²⁾ | | | |
| PF, kg | $-0,204x^2 + 0,7779x + 107,74$ | 0,9001 | 1,91 |
| GDP, kg | $-0,008x^2 + 0,035x + 1,0414$ | 0,9848 | 2,19 |
| CDR, kg | $-0,1143x + 2,7587$ | 0,9107 | - |
| CA, kg/kg | $0,0256x^2 - 0,2024x + 2,6567$ | 0,9979 | 3,95 |
| CDED, kcal/d | $-489,68x + 10056$ | 0,9898 | - |
| Período Total ⁽³⁾ | | | |
| PF, kg | $-2,906x + 144,57$ | 0,9447 | - |
| GDP, kg | $-0,0488x + 1,1048$ | 0,9394 | - |
| CDR, kg | $-0,0615x + 2,1195$ | 0,9523 | - |
| CA, kg/kg | $0,0131x^2 - 0,0892x + 2,1391$ | 0,9968 | 3,40 |
| CDED, kcal/d | $-252,55x + 7363,5$ | 0,9964 | - |
| D130 | $0,5669x^2 - 3,3846x + 58,813$ | 0,9843 | 2,99 |
| TPD, min | $-43,941x + 2380$ | 0,8859 | - |

⁽¹⁾PI: peso inicial; PF: peso final; GDP: ganho diário de peso; CDR: consumo diário de ração; CA: conversão alimentar; CDED: consumo diário de energia digestível; D130: dias para atingir 130 kg; TPD: taxa de passagem da digesta; ⁽²⁾Período 1: 78,38–101,16 kg; ⁽³⁾Período Total: 78,38–125,96 kg.

Como consequência das reduções nos consumos de ração e de energia digestível, verificadas neste trabalho houve efeito, também, no peso final, no ganho diário de peso e na conversão alimentar dos animais. Owusu-Asiedu et al. (2006) observaram pioras no consumo de ração, no ganho de peso e na conversão alimentar em suínos em crescimento, quando utilizaram 7% de goma guar (como fonte de fibra solúvel purificada) nas dietas, e relacionaram esses resultados com o incremento de 8,3 e 4,7% de fibra dietética total e solúvel, respectivamente, quando comparadas com a dieta controle, sem adição da fonte de fibra.

Para as variáveis em que se observou efeito quadrático, os níveis ótimos calculados não chegaram ao segundo nível de fibra dietética solúvel testado neste estudo (4%), comprovando maiores efeitos negativos do que positivos da fibra

dietética solúvel no desempenho e nos dias necessários para atingir 130 kg de peso vivo, de suínos em terminação abatidos pesados.

De modo diferente dos resultados obtidos no presente estudo, Owusu-Asiedu et al. (2006), observaram aumento de 3,5 horas na taxa de passagem da digesta de suínos em crescimento que consumiram dietas com a inclusão de 7% de goma guar como fonte de fibra solúvel purificada na dieta. Em contrapartida, Rainbird e Low (1986) acrescentaram 4 e 6% de goma guar e de pectina, respectivamente, às dietas de suínos em crescimento, porém apenas a dieta com inclusão de goma guar reduziu a taxa de passagem da digesta. Estes autores não explicaram a ausência de efeito da dieta com inclusão da pectina sobre a taxa de passagem da digesta. Estudo realizado com humanos, verificou aumento da taxa de passagem quando a pectina foi adicionada à dieta (TADESSE, 1986). Glitsø et al. (1999), afirmaram que o aumento da viscosidade da digesta proporcionado pelo incremento de fibra solúvel, provocou redução na taxa de passagem, resultado, também observado neste estudo.

Quanto aos coeficientes de digestibilidade/disponibilidade das dietas, não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de fibra solúvel utilizados, sobre a matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente ácido (Tabela 5). Observou-se efeitos lineares ($P < 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da fibra dietética total, sendo verificados a diminuição e aumento, conforme aumentaram os níveis de fibra solúvel nas dietas, respectivamente. Efeitos quadráticos ($P < 0,05$) foram encontrados para os coeficientes de digestibilidade da energia bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra dietética solúvel com as digestibilidades máximas estimadas nos níveis de 6,15; 8,23 e 9,15% de fibra solúvel nas dietas, respectivamente. Também houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para a digestibilidade da fibra dietética insolúvel, com o coeficiente mínimo estimado ao nível de 6% de fibra solúvel na dieta (Tabela 5 e 6).

Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para os coeficientes de digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes e da energia das dietas de suínos em terminação, contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|-----------------------------------|------------------|-------|-------|-------|------|---------|------------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| Coeficiente de digestibilidade, % | | | | | | | |
| Matéria seca | 88,02 | 88,86 | 87,88 | 86,97 | 0,24 | 0,0491 | Linear |
| Energia bruta | 88,57 | 90,46 | 89,46 | 88,26 | 0,28 | 0,0207 | Quadrático |
| Matéria mineral | 42,45 | 46,52 | 43,57 | 43,17 | 0,72 | 0,1565 | - |
| Matéria orgânica | 90,46 | 92,16 | 91,41 | 90,79 | 0,23 | 0,0660 | - |
| Proteína bruta | 84,10 | 86,05 | 83,41 | 81,21 | 0,62 | 0,0709 | - |
| FDN ⁽¹⁾ | 86,75 | 89,06 | 89,12 | 88,86 | 0,33 | 0,0218 | Quadrático |
| FDA ⁽²⁾ | 39,30 | 42,85 | 36,87 | 42,69 | 2,25 | 0,8064 | - |
| FDS ⁽³⁾ | 66,80 | 87,11 | 88,70 | 90,87 | 3,37 | <0,0001 | Quadrático |
| FDI ⁽⁴⁾ | 86,98 | 82,12 | 83,20 | 90,39 | 1,07 | 0,0027 | Quadrático |
| FDT ⁽⁵⁾ | 81,61 | 83,23 | 85,27 | 90,62 | 1,21 | 0,0123 | Linear |

⁽¹⁾FDN: fibra em detergente neutro; ⁽²⁾FDA: fibra em detergente ácido; ⁽³⁾FDS: fibra dietética solúvel; ⁽⁴⁾FDI: fibra dietética insolúvel e ⁽⁵⁾FDT: fibra dietética total.

Tabela 6. Equações de predição dos coeficientes de digestibilidade das dietas de suínos, recebendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Variáveis | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| Coeficiente de digestibilidade, % | | | |
| Matéria seca | $-0,1276x + 88,7460$ | 0,5773 | - |
| Energia bruta | $-0,0588x^2 + 0,7236x + 87,9010$ | 0,7665 | 6,15 |
| FDN ⁽¹⁾ | $-0,0559x^2 + 0,9206x + 85,7430$ | 0,8649 | 8,23 |
| FDS ⁽²⁾ | $-0,4089x^2 + 7,4813x + 58,806$ | 0,8787 | 9,15 |
| FDI ⁽³⁾ | $0,2439x^2 - 2,9268x + 90,535$ | 0,9837 | 6,00 |
| FDT ⁽⁴⁾ | $0,8288x + 79,899$ | 0,9479 | - |

⁽¹⁾FDN: fibra em detergente neutro; ⁽²⁾ FDS: fibra dietética solúvel; ⁽³⁾ FDI: fibra dietética insolúvel e ⁽⁴⁾ FDT: fibra dietética total.

A fibra dietética solúvel nas dietas de suínos, pode prejudicar a digestibilidade de alguns nutrientes. Este efeito, provavelmente, é justificado pelo aumento da viscosidade que leva à queda da taxa de difusão de partículas na digesta, com diminuição do contato das enzimas digestivas com os substratos (WENK, 2001; MONTAGNE et al., 2003; DROCHENER et al., 2004). Outra causa possível de justificar a diminuição da digestibilidade das dietas contendo fibra dietética solúvel é

a redução da taxa de passagem da digesta, o que foi observado por Gomes et al. (2008), reduzindo o tempo de fermentação e degradação dos carboidratos estruturais da fibra dietética. Porém, neste experimento verificou-se coeficientes de digestibilidades máximo da energia bruta, da FDN e da FDS, nos níveis de 6,15; 8,23 e 9,15% de fibra solúvel nas dietas. Talvez, neste estudo, não tenha sido observado efeito intenso da fibra solúvel devido à diminuição linear observada no consumo diário de ração, conforme mostrado na Tabela 3.

Owusu-Asiedu et al. (2006) verificaram redução da digestibilidade da energia nos animais que consumiram os maiores níveis de fibra dietética solúvel, sendo este obtido por meio da inclusão de 7% de goma guar como fonte de fibra solúvel purificada na dieta. A substituição de parte do amido do milho por pectina, nas dietas de suínos, foi testada nos níveis de 5 e 7,5% por Dierick et al. (1983) e Mosenthin et al. (1994), respectivamente. Ambos obtiveram reduções nas digestibilidades aparentes da proteína bruta e dos aminoácidos, resultado este não observado no presente estudo.

Bindelle et al. (2009) avaliaram níveis (10, 20 e 30%) de polpa de beterraba e observaram maior digestibilidade da fibra dietética total quando os suínos receberam a dieta contendo o maior nível, devido ao elevado teor de pectina deste ingrediente. Os resultados encontrados neste estudo concordaram com estes verificados anteriormente e foram parcialmente semelhantes aos observados por Zhang et al. (2013), que ao utilizarem níveis crescente de polpa de beterraba nas dietas de suínos, encontraram maiores digestibilidades da fibra dietética total, bem como das frações solúvel e insolúvel até o nível de 55% de ingrediente.

A composição das fezes dos suínos apresentou diferenças em função dos níveis de fibra presentes nas dietas (Tabela 7). Com o aumento nos níveis de fibra solúvel observou-se aumentos lineares ($P < 0,05$) para as quantidades de nitrogênio, potássio e sódio, e diminuições lineares ($P < 0,05$) para as quantidades de ferro e de manganês. Observou-se, também, efeito quadrático ($P < 0,05$) para as quantidades de sólidos totais, sólidos voláteis, matéria mineral, dos macrominerais fósforo, magnésio e também do micro mineral zinco. As equações de predição para os componentes das fezes encontram-se na Tabela 8.

O maior nível de fibra solúvel utilizado nas dietas dos suínos proporcionou aumentos de 20,31; 26,24 e 26,47% de nitrogênio, potássio e sódio, respectivamente, e reduções de 32,10 e 6,21% de ferro e de manganês, respectivamente, quando comparados à composição das fezes dos animais que receberam a dieta com menor nível de fibra solúvel.

Os maiores níveis de sólidos totais e de matéria mineral, foram estimados para os níveis de 4,85 e 8,93% de fibra solúvel nas dietas, respectivamente, enquanto os menores níveis de sólidos voláteis, fósforo, magnésio e zinco foram estimados para os níveis de 8,40; 6,55; 10,55 e 9,36% de fibra solúvel nas dietas, respectivamente (Tabela 8).

Fraga et al. (2009) utilizaram ingrediente fibroso na dieta de suínos abatidos pesados, e verificaram menor digestibilidade das dietas, maiores excreções e aumento nas quantidades de sólidos totais, sólidos voláteis e matéria mineral das fezes dos animais, à medida em que os níveis aumentaram.

Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Componentes | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|----------------------|------------------|---------|---------|---------|--------|---------|------------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| ST, % ⁽¹⁾ | 93,61 | 93,79 | 93,72 | 91,77 | 0,21 | <0,0001 | Quadrático |
| SV, % ⁽²⁾ | 82,03 | 72,39 | 71,05 | 72,25 | 0,93 | <0,0001 | Quadrático |
| MM, % ⁽³⁾ | 17,97 | 27,61 | 28,35 | 28,91 | 0,94 | <0,0001 | Quadrático |
| Nitrogênio, % | 3,20 | 3,22 | 3,44 | 3,85 | 0,07 | <0,0001 | Linear |
| Fósforo, % | 2,39 | 2,18 | 2,14 | 2,43 | 0,05 | 0,0261 | Quadrático |
| Cálcio, % | 2,54 | 2,47 | 2,59 | 2,94 | 0,07 | 0,0513 | - |
| Magnésio, % | 0,89 | 0,73 | 0,75 | 0,69 | 0,02 | <0,0001 | Quadrático |
| Potássio, % | 1,41 | 1,65 | 1,68 | 1,78 | 0,03 | <0,0001 | Linear |
| Sódio, % | 0,34 | 0,32 | 0,37 | 0,43 | 0,01 | 0,0009 | Linear |
| Zinco, ppm | 3491,93 | 4958,69 | 4942,48 | 5218,06 | 137,90 | <0,0001 | Quadrático |
| Cobre, ppm | 439,87 | 388,08 | 352,60 | 300,52 | 13,24 | 0,1065 | - |
| Ferro, ppm | 1002,12 | 780,56 | 698,57 | 680,44 | 29,05 | 0,0028 | Linear |
| Manganês, ppm | 118,49 | 107,24 | 107,86 | 111,13 | 1,72 | <0,0001 | Linear |

⁽¹⁾ST: sólidos totais; ⁽²⁾SV: sólidos voláteis; ⁽³⁾MM: matéria mineral.

Tabela 8. Equações de predição dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Variáveis | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|----------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|
| ST, % ⁽¹⁾ | $-0,0428x^2 + 0,4154x + 92,9970$ | 0,9770 | 4,85 |
| SV, % ⁽²⁾ | $0,2430x^2 - 4,0846x + 86,7260$ | 0,9150 | 8,40 |
| MM, % ⁽³⁾ | $0,2035x^2 + 3,6354x + 14,0440$ | 0,8797 | 8,93 |
| Nitrogênio, % | $0,0628x + 3,0272$ | 0,9181 | - |
| Fósforo, % | $0,0107x^2 - 0,1402x + 2,5742$ | 0,9994 | 6,55 |
| Magnésio, % | $0,0021x^2 - 0,0443x + 0,9266$ | 0,7645 | 10,55 |
| Potássio, % | $0,0306x + 1,4348$ | 0,8090 | - |
| Sódio, % | $0,0095x + 0,3047$ | 0,8261 | - |
| Zinco, ppm | $-26,2680x^2 + 491,5600x + 3004,9000$ | 0,8315 | 9,36 |
| Ferro, ppm | $-27,8940x + 968,2500$ | 0,7572 | - |
| Manganês, ppm | $-0,5017x + 114,3800$ | 0,2005 | - |

⁽¹⁾ST: sólidos totais; ⁽²⁾SV: sólidos voláteis; ⁽³⁾MM: matéria mineral.

A excreção de nutrientes pelos animais durante a segunda fase de terminação (30dias) pouco foi afetada pelos níveis de fibra solúvel nas dietas (Tabela 9). Observou-se apenas efeito quadrático ($P < 0,05$) para a excreção de matéria mineral, tendo como ponto máximo calculado o nível de 9,04% de fibra solúvel na dieta, e para a excreção de fósforo, o qual mostrou excreção mínima ao nível de 6,73% de fibra solúvel nas dietas. As equações de predição para estas excreções encontram-se na Tabela 10.

Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Resíduos | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|------------------------|------------------|---------|---------|---------|--------|--------|------------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| E-ST, g ⁽¹⁾ | 4761,28 | 3831,41 | 4564,70 | 4346,99 | 252,67 | 0,6552 | - |
| E-SV, g ⁽²⁾ | 4183,61 | 3033,31 | 3202,00 | 3755,94 | 191,74 | 0,1183 | - |
| E-MM, g ⁽³⁾ | 903,60 | 1150,97 | 1351,56 | 1287,08 | 58,93 | 0,0001 | Quadrático |
| E-Nitrogênio, g | 163,19 | 134,84 | 180,66 | 168,09 | 10,11 | 0,0827 | - |
| E-Fósforo, g | 123,40 | 79,43 | 101,03 | 112,76 | 5,84 | 0,0467 | Quadrático |
| E-Cálcio, g | 130,75 | 103,76 | 123,58 | 136,38 | 6,95 | 0,4419 | - |
| E-Magnésio, g | 44,70 | 29,30 | 33,07 | 31,72 | 1,93 | 0,1866 | - |
| E-Potássio, g | 72,81 | 61,81 | 81,59 | 83,59 | 4,73 | 0,3645 | - |
| E-Sódio, g | 17,73 | 14,20 | 18,21 | 21,48 | 1,28 | 0,2927 | - |
| E-Zinco, ppm | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,24 | 0,01 | 0,2232 | - |
| E-Cobre, ppm | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,0923 | - |
| E-Ferro, ppm | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,6986 | - |
| E-Manganês, ppm | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,1010 | - |

⁽¹⁾E-ST: excreção de sólidos totais; ⁽²⁾E-SV: excreção de sólidos voláteis; ⁽³⁾E-MM: excreção de matéria mineral.

Canh et al. (1998) e Cherbut et al. (1988) afirmaram que o fornecimento de dietas contendo elevados níveis de fibra solúvel aos suínos, aumentam a excreção de sólidos totais, o que não foi observado no presente estudo. Talvez os resultados deste experimento possam ser explicados pela diminuição linear no consumo diário de ração observado, à medida em que aumentaram os níveis de fibra solúvel nas dietas (Tabela 3.)

A excreção de matéria mineral aumentou até o nível calculado de 9,04% de fibra solúvel nas dietas, enquanto não houve efeito sobre a excreção de sólidos totais, o que indicou que até este nível de fibra solúvel nas dietas, pode ter acontecido menor aproveitamento dos minerais.

Tabela 10. Equações de predição das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Variáveis | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|
| E-MM, g ⁽¹⁾ | $-8,0090x^2 + 144,8600x + 702,8500$ | 0,9998 | 9,04 |
| E-Fósforo, g | $1,0522x^2 - 14,1620x + 134,9200$ | 0,5689 | 6,73 |

⁽¹⁾E-MM: excreção de matéria mineral

CONCLUSÃO

Os maiores níveis estudados de fibra dietética solúvel, em dietas para suínos em terminação, prejudicam o desempenho dos animais e a digestibilidade dos nutrientes das dietas, porém, são eficientes para o processo de restrição alimentar qualitativa.

AGRADECIMENTOS

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Processo n°: 2012/10206-2.

Bolsa de estudos cedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS:

ANGUITA, M.; GASA, J.; NOFRARIAS, M.; MARTÍN-ORÚE, S. M.; PÉREZ, J. F. Effect of coarse ground corn, sugar beet pulp and wheat bran on the voluntary intake and physicochemical characteristics of digesta of growing pigs. **Livestock Science**, v.107, p.182-191, 2007.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**. 16ed. Arlington: Patricia Cunnif, 1995, 1025p.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; CARRILHO, E. N. V. M.; FEITOSA, J. V.; LOPES, A. D. Comparação de indicadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 987-996, 2005.

BINDELLE J.; BULDGEN A.; DELACOLLETTE M.; WAVREILLE J.; AGNEESSENS R.; DESTAIN J. P.; LETERME P. Influence of source and concentrations of dietary fiber on in vivo nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by in vitro fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 583–593, 2009.

CANH, T. T.; SUTTON, A. L.; AARNINK, A. J. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; SCHRAMA, J. W.; BAKKER, G. C. M. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs. **Journal Animal Science**, v. 76, p. 1887–1895, 1998.

CHERBUT, C.; BARRY, J. L.; WYERS, M.; DELORT-LAVAL, J. Effect of the nature of dietary fibre on transit time and faecal excretion in the growing pig. **Animal Feed Science and Technology**, v. 20, p. 327–333, 1988.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; BERTECHINI, S. G.; FIALHO, E. T.; MUNI, J. A. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência Agrotécnica**, v. 26, n.6, p.1289-1296, 2002.

DIERICK, N.; VERVAEKE, I.; DECUYPERE, J.; HENDRICKX, H.K. Effect of nature and level of crude fibre on apparent ileal and faecal digestibility of dry matter, crude protein and amino acids and nitrogen retention in pigs. **Révue de l'Agriculture**, v.36, p.1691–1712, 1983.

DIKEMAN, C. L.; FAHEY Jr., G. C. Viscosity as related to dietary fiber: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, p. 649-663, 2006.

DROCHENER, W.; KERLER, A.; ZACHARIAS, B. Pectin in pig nutrition, a comparative review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, p. 367–380, 2004.

ETIENNE, M., Utilization of high fibre and cereal by sow. A review. **Livestock Production Science**, 16, 229-241, 1987.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; NADAI, A. Qualitative feed restriction for heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 6, p. 1353-1363, 2009.

GLITSØ, L. V.; GRUPPEN, H.; SCHOLS, H. A.; HØJSGAARD, S.; SANDSTRÖM, B.; BACH KNUDSEN, K. E. Degradation of rye arabinowylans in the large intestine of pigs. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.79, p.961-969, 1999.

GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; MARTELLI, M. R.; SOBRAL, P. J. A.; FUKUSHIMA, R. S. Desempenho e características de carcaça de suínos alimentados com dieta com feno de Tifton (*Cynodon dactylon*). **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, p.59-67, 2008.

JANSMANN, A. J. M.; SMINK, W.; VAN LEEUWEN, P.; RADEMACHER, M. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 98, 49-60, 2002.

JOHNSTON, L. J.; NOLL, S.; RENTERIA, A.; SHURSON, J. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. **In: 3rd National Symposium on Alternative Feeds for Livestock and Poultry**, Kansas, 2003.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117, 2003.

MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C.; AHERNE, F. X. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretion in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 1222–1229, 1994.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARYELD, B.; VAN KESSEL, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.843-852, 2006.

RAINBIRD, A. L.; LOW, A. G. Effect of various types of dietary fiber on gastric emptying in growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v.55, p.111-121, 1986.

ROEHRIG, K. The physiological effects of dietary fiber. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 2, p. 1-18, 1988.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 3ed., 2011, 252p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.

SILVA, C. S.; VAN DEN BORNE, J. J.; GERRITS, W. J.; KEMP, B.; BOLHUIS, J. E. Effects of dietary fibers with different physicochemical properties on feeding motivation in adult female pigs. **Physiology & Behaviour**, v.107, p.218-230, 2012.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p.

TADESSE, K. The effect of dietary fibre isolates on gastric secretion, acidity and emptying. **British Journal of Nutrition**, v. 55, p. 507-5013, 1986.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v. 44, n. 2, p. 282-287, 1977.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3598, 1991.

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; SANTOS, V. M.; FRAGA, A. L.; PASCOAL, L. A. F.; SILVA, S. Z.; FARIA, H. G. Effect of inclusion of citrus pulp in the diet of finishing swines. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n.3, p.709-718, 2010.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.21-33, 2001.

ZHANG, W.; LI, D.; LIU, L.; ZANG, J.; DUAN, O.; YANG, W.; ZHANG, L. The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.4, n.17, 2013.

CAPÍTULO 3 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA SOLÚVEL SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, A QUALIDADE DA CARNE E O PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS

RESUMO – Objetivou-se avaliar dietas com níveis crescentes de fibra dietética solúvel (pectina purificada) na alimentação de suínos abatidos pesados, submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, sobre as características de carcaça, características qualitativas da, o perfil de ácidos graxos da carne e os pesos absolutos e relativos dos órgãos do sistema digestório. Foram utilizados 32 suínos, distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, em função do peso vivo inicial, sendo quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle (com 1,5% de fibra dietética solúvel) e outras três dietas com adição de pectina purificada até atingirem os teores de 4, 8 e 12% de fibra solúvel. Para as características de carcaça observou-se redução linear ($P < 0,05$) no rendimento de carcaça, espessura de toucinho média, áreas de olho e lombo e de gordura, peso de pernil e quantidade de carne magra; a relação carne gordura apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), enquanto a porcentagem de carne magra na carcaça demonstrou aumento linear ($P < 0,05$) de 7,62%. Na avaliação da qualidade da carne verificou-se efeitos quadráticos ($P < 0,05$) para o pH medido após 24 horas no músculo *Semimembranosus* e para a capacidade de retenção de água do músculo. Foram observados efeitos quadrático e linear ($P < 0,05$) para os ácidos cis-vacênico e linoleico conjugado, na carne, respectivamente. Houve aumento ($P < 0,05$) linear dos pesos relativos dos órgãos do sistema digestório, exceto do fígado. Concluiu-se que o uso de maiores níveis de fibra solúvel nas dietas de suínos pesados, em terminação e submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, prejudica as características de carcaça, porém, sem afetar a qualidade da carne. Além disso, o aumento nos níveis de fibra dietética solúvel proporciona aumento na porcentagem de carne magra da carcaça, e no peso dos órgãos dos animais, atingindo, assim, parcialmente, os objetivos propostos.

Palavras-chave: capacidade de retenção de água, pectina, rendimento

CHAPTER 3 – LEVELS OF SOLUBLE FIBER ON THE CARCASS TRAITS, THE MEAT QUALITY AND THE WEIGHT OF THE DIGESTIVE TRACT ORGANS FROM PIGS SLAUGHTERED HEAVY

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate diets with growing levels of soluble dietetic fiber, purified pectin, in the feeding of finishing swine slaughtered heavy, in a qualitative feed restriction program, related with the carcass traits, the meat quality, the fatty acids profile of the meat and the digestive organs weights. In total 32 pigs, were assigned to four dietary treatments and eight replications in a randomized block design, to control the initial body weight differences. The treatments were a control diet (1.5% of soluble dietetic fiber) and three diets with purified pectin addition to achieve the levels of 4, 8 and 12% dietary soluble fiber. The soluble fiber in the diet provided linear reduction ($P<0.05$) for most of the carcass traits, yield, backfat thickness, loin and fat areas, ham weight, and lean meat. The relation between the met and the fat had and quadratic effect ($P<0.05$) and the percentage of lean meat in the carcass had and linear increase ($P<0.05$) of 7.62%. There were quadratic effects ($P<0.05$) in the *Semimembranosus* at pH 24 hours after the slaughter, and in the *Longissimus dorsi* water hold capacity. The observed effects ($P<0.05$) in the profile of fat acids were a quadratic to the cis-vacenic and a linear reduction to the conjugated linoleic acid. Moreover, the treatments showed linear increases ($P<0.05$) to the relative weight of the stomach, the cecum, the colon and the pancreas. In conclusion, higher levels of dietetic soluble fiber injure the carcass traits with no effects in the meat quality, improve the quantity of lean meat in the carcasses and increase the digestive tract organs weights, achieving in partiality the proposal goal of the qualitative feed restriction.

Keywords: pectin, water hold capacity, yield

INTRODUÇÃO

A carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo e este consumo é dividido entre a carne *in natura* e os produtos industrializados, como linguiças, salsichas, presuntos, entre outros. Devido a este grande consumo, quaisquer melhora na qualidade da carcaça e da carne dos suínos pode gerar lucros à indústria e ao suinocultor.

Uma nova tendência de mercado vem sendo investir no abate de suínos mais pesados, o que proporciona diluição nos custos totais de produção e de mão-de-obra, além de possibilitar a obtenção de diferentes cortes e formas de apresentação do produto final. Este tipo de abate pode ser desvantajoso caso a dieta utilizada não seja a ideal para gerar maior rendimento de carne magra. Pois, sabe-se que após 100kg de peso vivo, o consumo de ração pelo animal aumenta, porém, a deposição proteica não segue o mesmo padrão, gerando uma carcaça com maior quantidade de gordura, em desacordo com as exigências dos consumidores por produtos com menores teores de gordura.

Para contornar esses efeitos indesejáveis que o abate de animais pesados pode proporcionar, algumas técnicas podem ser adotadas. Uma destas técnicas é a restrição alimentar qualitativa, que consiste na diluição da energia presente na dieta, à partir da inclusão de ingredientes de baixo valor energético, como coprodutos agrícolas, geralmente ricos em fibra (FRAGA et al., 2009). Desta forma, o animal esgota sua capacidade de ingestão, sem exceder o consumo usual de energia, o que aconteceria com uma dieta composta principalmente por milho e farelo de soja. A redução do consumo energético pelo animal diminui a deposição de gordura na carcaça e essa técnica é adotada exclusivamente na fase de terminação e mostra-se interessante por ser de fácil implantação, baixo custo e não afetar o bem estar do animal, que não passa por restrição quantitativa de alimento.

Para maximizar os benefícios que a restrição alimentar qualitativa pode proporcionar à produção de suínos, é fundamental encontrar um ingrediente que seja fibroso, além de possuir reduzida quantidade de energia e que apresente alta disponibilidade regional e baixo valor comercial. Por estes motivos os produtos ideais são os coprodutos da indústria agrícola, geralmente considerados resíduos.

Além de baixo custo, esses produtos têm grandes quantidades de fibra em sua composição. Entretanto, a utilização de ingredientes fibrosos pode ter efeitos adversos sobre a fisiologia da digestão e absorção, principalmente devido à composição da fibra e da categoria animal que a recebe (NOBLET e LeGOFF, 2001).

As respostas do animal considerando o tipo e a quantidade de fibra incluídos na dieta podem ser muito variadas, além disso, deve-se levar em conta que os coprodutos da indústria agrícola apresentam menor padronização nutricional que os produtos principais. Portanto, para se conhecer os efeitos individuais que as frações fibrosas dos alimentos proporcionam aos animais é necessário fazer o uso de um ingrediente purificado, para que outras frações não interfiram nas respostas obtidas.

Devido à necessidade destas respostas, para melhor formulação das dietas, justificou-se este estudo, o qual teve o objetivo de avaliar níveis crescentes de fibra dietética solúvel nas dietas de suínos, usando a pectina, um produto purificado, visando as características de carcaça e da carne de suínos abatidos com $125,96 \pm 16,45$ kg de peso vivo e submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações, animais e dietas experimentais

O ensaio foi conduzido nas instalações experimentais do Laboratório de Pesquisas em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Utilizou-se 32 suínos, machos castrados de linhagem comercial, com peso inicial de $78,38 \pm 10,96$ kg e distribuídos nos tratamentos experimentais segundo o delineamento em blocos ao acaso, formados de acordo com o peso inicial, com quatro tratamentos e oito repetições, com um animal constituindo a unidade experimental. Os animais foram alojados em baias individuais com $2,55\text{m}^2$ cada, equipadas com comedouros semiautomáticos e bebedouros do tipo chupeta. Inicialmente os animais foram submetidos a um período de 5 dias de adaptação às instalações e dietas, recebendo duas refeições diárias, às 8h e às 17h. Após o período de adaptação, iniciou-se o

ensaio de desempenho, com os animais recebendo as dietas pré-determinadas *ad libitum*, até atingirem $125,96 \pm 16,45$ kg de peso no 58º dia de experimento quando foram abatidos.

As dietas foram formuladas para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2011), para suínos de alto potencial genético, de acordo com o conceito da proteína ideal, em duas fases, sendo: 1- dos $78,38 \pm 10,96$ aos $101,16 \pm 13,37$ kg de peso vivo e 2- dos $101,16 \pm 13,37$ aos $125,96 \pm 16,45$ kg de peso vivo, que consistiram do 1º ao 28º e do 29º ao 58º dia de experimento (Tabelas 1 e 2). Para obtenção dos teores de fibras solúveis das dietas foi adicionada pectina com 40% de fibra solúvel em sua composição (Pectin RS 467, DuPont™ Danisco®), na quantidade necessária, levando-se em consideração as fibras já presentes nos ingredientes utilizados na formulação das dietas. Os tratamentos experimentais foram:

- DC - Dieta controle, composta principalmente por milho e farelo de soja, contendo 1,5% de fibra solúvel;
- D 4FS - Dieta com adição de pectina purificada até atingir 4% de fibra solúvel;
- D 08FS - Dieta com adição de pectina purificada até atingir 8% de fibra solúvel e
- D 12FS - Dieta com adição de pectina purificada até atingir 12% de fibra solúvel.

Manejo e abate dos animais

O experimento teve duração de 58 dias, e o abate ocorreu no dia seguinte à última pesagem, quando os suínos apresentaram peso médio de $125,96 \pm 16,45$ kg, seguindo as normas do abate humanitário para suínos (RSPCA, 2010). Os animais foram submetidos a jejum sólido por 15h e no momento do abate foram atordoados, por meio de descarga elétrica, seguida pelos procedimentos de sangria, depilação e evisceração.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel

| Ingredientes, % | Diets Experimentais ⁽¹⁾ | | | |
|--|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | FS 4 | FS 8 | FS 12 |
| Milho | 80,74 | 70,69 | 58,03 | 45,03 |
| Farelo de soja, 45% | 15,00 | 17,00 | 19,45 | 22,24 |
| Óleo de soja | 0,66 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Sal comum | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,37 |
| Fosfato bicálcico | 1,31 | 1,33 | 1,34 | 1,35 |
| Calcário | 0,34 | 0,32 | 0,31 | 0,30 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina. HCl, 78% | 0,28 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| L-Treonina, 98% | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,11 |
| DL-Metionina, 99% | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,10 |
| L-Triptofano, 98% | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| Pectin RS 467® ⁽³⁾ | - | 6,54 | 16,79 | 27,05 |
| Inerte | 1,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados ⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.230 | 3.090 | 3.019 | 2.947 |
| %redução EM | 0,00 | 4,33 | 6,53 | 8,76 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,40 | 3,89 | 7,83 | 11,81 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 14,00 | 13,25 | 12,56 |
| Cálcio, % | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 |
| Cloro, % | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,26 |
| Fósforo disponível, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Lisina dig., % | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| Metionina+cistina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,52 | 0,52 | 0,54 |
| Proteína bruta, % ⁽⁵⁾ | 14,16 | 14,18 | 14,16 | 14,26 |
| Sódio, % | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Treonina dig., % | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| Triptofano dig., % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

⁽¹⁾DC dieta controle; FS 4, FS 8 e FS 12: 4, 8 e 12% de fibra dietética solúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾Pectin RS 467, DuPont™ Danisco®;

⁽⁴⁾Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética solúvel

| Ingredientes, % | Dietas Experimentais ⁽¹⁾ | | | |
|--|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | FS 4 | FS 8 | FS 12 |
| Milho | 81,49 | 71,03 | 58,10 | 45,39 |
| Farelo de soja, 45% | 14,70 | 16,75 | 19,25 | 21,75 |
| Óleo de soja | 0,50 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Sal comum | 0,33 | 0,34 | 0,34 | 0,35 |
| Fosfato bicálcico | 1,16 | 1,17 | 1,19 | 1,21 |
| Calcário | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,29 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina. HCl, 78% | 0,29 | 0,25 | 0,21 | 0,16 |
| L-Treonina, 98% | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| DL-Metionina, 99% | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| L-Triptofano, 98% | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pectin RS 467® ⁽³⁾ | - | 6,84 | 17,10 | 27,35 |
| Celite 545® | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Inerte | - | 2,00 | 2,20 | 2,20 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados ⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.229 | 3.095 | 3.017 | 2.946 |
| %redução EM | 0,00 | 4,18 | 6,59 | 8,80 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,43 | 3,97 | 7,94 | 11,91 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 13,96 | 13,19 | 12,44 |
| Cálcio, % | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| Cloro, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 |
| Fósforo disponível, % | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Lisina dig., % | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Metionina+cistina dig., % ⁽⁵⁾ | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,53 |
| Proteína bruta, % | 13,92 | 13,92 | 13,91 | 13,92 |
| Sódio, % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Treonina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Triptofano dig., % | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |

⁽¹⁾DC: dieta controle; FS 4, FS 8 e FS 12: 4, 8 e 12% de fibra dietética solúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾Pectin RS 467, DuPont™ Danisco®; ⁽⁴⁾Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Características de carcaça

Após a retirada das vísceras, as carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e pesadas. Relacionando-se o peso das meias carcaças com o peso vivo após o jejum, obteve-se o rendimento de carcaça. Em seguida, as meias carcaças foram levadas à câmara fria, em temperatura de refrigeração (4 °C), permanecendo por 24 horas, quando então foram avaliadas. Seguindo o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973), na meia carcaça direita de cada animal foram realizadas as seguintes medidas: comprimento da carcaça, espessura média de toucinho (resultante das espessuras de toucinho na altura das primeira e última vértebras torácicas e última vértebra lombar), peso e rendimento de pernil, área de olho de lombo, área de gordura e relação carne/gordura (obtida por meio da divisão da área de olho de lombo pela área de gordura).

Foram também realizadas as seguintes mensurações: peso da carcaça quente (PCQ), espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), obtidas entre a última e a penúltima costelas, a seis centímetros da linha dorsal média, sendo estas duas últimas medidas tomadas na meia carcaça direita resfriada, com auxílio de um paquímetro, de modo a simular a leitura efetuada com a pistola de tipificação. Com os valores de PCQ, ET e PL foram, então, calculadas a quantidade de carne magra (QCM) e a porcentagem de carne magra (%CM), de acordo com as seguintes equações propostas por GUIDONI (2000):

$$QCM = 7,38 - 0,48 \times ET + 0,059 \times PL + 0,525 \times PCQ$$

$$\%CM = 65,92 - 0,685 \times ET + 0,094 \times PL - 0,026 \times PCQ$$

Qualidade da carne

Decorridos 45 minutos do abate, foi mensurado o pH (pH 45') e a temperatura (T 45') nos músculos *Longissimus* e *Semimembranosus* da meia carcaça direita de cada animal, sendo estas medidas novamente realizadas, nos mesmos locais, após 24 horas (pH 24h) (T 24h) com as carcaças mantidas sob refrigeração (4 °C). Da meia carcaça direita de cada animal, foi colhida uma amostra de, aproximadamente, 15 cm do músculo *Longissimus dorsi*, sendo retirada a camada de gordura adjacente ao músculo. Esta foi levada ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da FCAV – Unesp, Câmpus de Jaboticabal,

onde foram realizadas as análises físicas da carne. Para medir a capacidade de retenção de água da carne crua, amostras de aproximadamente 2g foram dispostas entre duas folhas de papel filtro e submetidas à pressão exercida por um peso de 10kg durante 5 minutos (HAMM, 1986), pesando novamente as amostras, sendo expressas em porcentagem.

Na determinação da coloração, cortes de aproximadamente 2cm de espessura foram obtidos do músculo *Longissimus dorsi*, que foram expostos ao ar por 40 minutos para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico (SHIMOKOMAKI, 2003). As medidas de coloração foram obtidas com o aparelho da marca MINOLTA, operado no sistema CIE, encontrando valores de L* (indicação de luminosidade), a* (indicação do teor de vermelho) e b* (indicação do teor de amarelo) da carne. Em seguida, os cortes foram levados ao forno pré-aquecido (170 °C) até atingirem a temperatura, no centro geométrico da amostra, de 70 °C, determinando-se as perdas por cocção (perdas evaporativas, por gotejamento e total), expressas em porcentagem. Após a cocção, as amostras foram cortadas na forma cilíndrica e submetidas ao aparelho TEXTURE ANALYZER TA-XT-125, para mensuração da força de cisalhamento, expressa em kgf/cm² (LYON et al., 1998).

Para avaliar as perdas de água por gotejamento, amostras de aproximadamente 110g, livres de gordura, foram suspensas em redes de nylon seladas, dentro de sacos plásticos e assim permanecendo em câmara fria, à temperatura de 4 °C por 48 horas. A perda de água por gotejamento foi calculada pela diferença entre os pesos inicial e final da amostra, sendo expressa em porcentagem (BOCCARD et al., 1981). A análise de oxidação lipídica foi realizada por meio de análise comparativa, observando a reatividade de substâncias com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), em amostras armazenadas nos dias 1 e 8 após o abate, sob temperatura de refrigeração, de acordo com o método descrito por Pikul et al. (1989). O teor de colesterol foi determinado por colorimetria, de acordo com Bohac et al. (1988), adaptado por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1995).

Análise do perfil de ácidos graxos da carne

Para a análise de ácidos graxos, foram realizadas extrações lipídicas por solubilização em clorofórmio-metanol (2:1), sendo determinado o conteúdo de

lipídios totais (BLIGH; DYER, 1959), após secagem do extrato. Os extratos concentrados de lipídios obtidos em rotoevaporador (60 °C), foram processados, sendo realizada a esterificação dos ácidos graxos (BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002). Os extratos esterificados foram levados ao Laboratório de Bioquímica de Microrganismos de Plantas do Departamento de Tecnologia da FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, para determinação do perfil de ácidos graxos, por meio de cromatografia gasosa.

Pesos dos órgãos do sistema digestório

Logo após o abate e evisceração dos animais, os órgãos do sistema digestório foram separados. Foram feitas as pesagens do estômago, intestino delgado, ceco e cólon vazios, e também do fígado sem a vesícula e pâncreas, conforme descrito por Pond et al. (1988), possibilitando as determinações dos pesos absolutos e relativos destes órgãos, em relação aos pesos das carcaças quentes

Delineamento experimental e análises estatísticas

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, para controlar diferenças no peso inicial, com quatro dietas experimentais (tratamentos), e oito repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Model) do programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) e em caso de significância (5%) foram realizadas análises de regressão linear e polinomial quadrática, com a finalidade de verificar efeitos quanto aos níveis utilizados de fibra dietética solúvel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características de carcaça avaliadas (Tabela 3), observou-se efeito ($P < 0,05$) linear para peso final (PF), rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho média (ETm), área de olho de lombo (AOL), área de gordura (AG), peso de pernil (PP), quantidade de carne magra na carcaça (QCM) e porcentagem de carne

magra (%CM), observando-se redução linear para essas variáveis em função das maiores inclusões de fibra solúvel nas dietas dos animais, com exceção da %CM que aumentou com os maiores níveis de fibra solúvel nas dietas. O comprimento de carcaça (CC) e o rendimento de pernil (RP) não foram afetados ($P>0,05$) pelas dietas experimentais. Para a relação carne/gordura foi observado efeito ($P<0,05$) quadrático dos tratamentos, sendo o ponto ótimo calculado, o nível de 7,78% de fibra solúvel na dieta. As equações de predição encontram-se na Tabela 4.

As reduções observadas no rendimento de carcaça, espessura de toucinho média, área de olho de lombo, peso de pernil e quantidade de carne magra já eram esperadas, devido ao menor consumo de ração e conseqüente menor ganho de peso dos animais observados no experimento de desempenho (Capítulo 2). Como todos os suínos foram abatidos com a mesma idade, os animais que consumiram maior quantidade de fibra solúvel nas dietas foram abatidos com menores peso e tamanho, e portanto, as reduções nessas medidas, que estão relacionadas ao tamanho do animal, foram verificadas.

Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das características de carcaça de suínos abatidos pesados, em função dos diferentes níveis de fibra solúvel nas dietas

| Variáveis ⁽¹⁾ | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|--------------------------|------------------|--------|--------|--------|------|---------|------------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| PF, kg | 136,99 | 135,82 | 124,02 | 107,34 | 3,17 | <0,0001 | Linear |
| RC, % | 80,83 | 79,99 | 78,37 | 78,04 | 1,34 | 0,0004 | Linear |
| CC, cm | 101,53 | 100,19 | 100,11 | 97,67 | 0,67 | 0,2858 | - |
| ETm, mm | 35,18 | 33,09 | 28,81 | 23,88 | 1,07 | <0,0001 | Linear |
| AOL, cm ² | 44,14 | 44,71 | 43,29 | 35,71 | 1,35 | 0,0456 | Linear |
| AG, cm ² | 28,86 | 28,86 | 22,57 | 20,43 | 1,51 | 0,0329 | Linear |
| Relação CG | 1,63 | 1,76 | 2,42 | 1,87 | 0,11 | <0,0001 | Quadrático |
| PP, kg | 15,76 | 15,26 | 13,94 | 12,01 | 0,39 | 0,0006 | Linear |
| RP, % | 29,22 | 30,90 | 28,95 | 29,45 | 0,46 | 0,5009 | - |
| QCM, kg | 61,79 | 57,65 | 53,25 | 50,53 | 1,04 | <0,0001 | Linear |
| %CM, % | 55,01 | 53,58 | 58,26 | 59,20 | 0,69 | 0,0001 | Linear |

⁽¹⁾ PF - Peso final; RC - Rendimento de carcaça; CC - Comprimento de carcaça; ETm - Espessura de toucinho média; AOL - Área de olho de lombo; AG - Área de gordura; Relação CG - Relação carne/gordura; PP - Peso de pernil; RP - Rendimento de pernil; QCM - Quantidade de carne magra na carcaça e %CM - Porcentagem de carne magra na carcaça.

Porém, as diferenças entre os tratamentos com menor e com maior quantidade de fibra dietética solúvel foram bastante variáveis entre as características

estudadas. Enquanto o peso final mostrou redução de 21,64%, o rendimento de carcaça apresentou valor muito menor (3,45%) de redução, podendo isto ser destacado como vantagem pois, mesmo abatendo animais menores, estes não tiveram grande prejuízo no rendimento, e ainda mais, apresentaram alta redução na medida de espessura de toucinho média e na área de gordura, sendo estas de 32,12 e 29,21%, respectivamente. Watanabe et al. (2010) estudando níveis crescentes de polpa cítrica, ingrediente rico em fibra solúvel, para suínos pesados em terminação, também obtiveram redução no rendimento de carcaça e quantidade de carne magra.

Tabela 4. Equações de predição das características de carcaça apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Equação | R ² | Nível ótimo |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------|
| PF, kg | -2,906x + 144,57 | 0,9447 | - |
| RC, % | -0,2779x + 81,0790 | 0,9332 | - |
| ETm, mm | -1,0826x + 37,1420 | 0,9950 | - |
| AOL, cm ² | -0,7875x + 46,9830 | 0,7432 | - |
| AG, cm ² | -0,9050x + 30,9500 | 0,9240 | - |
| Relação CG | -0,0183x ² +0,2848x+1,1384 | 0,7386 | 7,78 |
| PP, kg | -0,3590x + 16,5310 | 0,9756 | - |
| QCM, kg | -1,0580x + 62,5500 | 0,9689 | - |
| %CM, % | 0,5063x+53,285 | 0,7726 | - |

⁽¹⁾ PF - Peso final; RC - Rendimento de carcaça; ETm - Espessura de toucinho média; AOL - Área de olho de lombo; AG - Área de gordura; Relação CG - Relação carne/gordura; PP - Peso de pernil; QCM - Quantidade de carne magra na carcaça e %CM - Porcentagem de carne magra na carcaça.

Cabe realçar os efeitos obtidos nas medidas indiretas, como a porcentagem de carne magra e a relação carne/gordura. Esta última teve seu ponto máximo com a inclusão de 7,78% de fibra solúvel nas dietas dos animais. A porcentagem de carne magra teve aumento linear de 7,62% entre o menor e o maior nível de fibra solúvel nas dietas, resultado este muito favorável, pois, pode ser promissor e, com alguns ajustes na formulação, justificar o uso de maiores porcentagens de fibra solúvel mesmo que estas tenham efeito negativo no desempenho do animal e proporcionando carcaças menores, quando o objetivo for a obtenção de carcaça mais magra e, muitas vezes, conseqüente bonificação nos frigoríficos, como ocorre na grande maioria dos frigoríficos na região Sul e boa parte dos localizados na região Centro-oeste. Segundo Gomes et al. (2008), a redução da espessura de

toucinho e da gordura corporal e o aumento da produção de massa muscular resultaram em melhoria da qualidade de carcaça, apesar de estarem associados ao menor ganho de peso corporal de suínos alimentados com dietas fibrosas.

Os resultados obtidos no presente estudo concordaram com os obtidos anteriormente por KIM et al. (2014), que testaram a substituição do milho por cevada nas dietas de suínos em terminação, reduzindo a energia das dietas, e obtiveram redução linear no peso vivo final, no peso de carcaça e na espessura de toucinho, além do aumento de 5,9% na porcentagem de carne magra na carcaça. Os grãos de cevada possuem elevada quantidade de beta-glucanas, sendo estas, fibras solúveis (MIRA et al., 2009).

Fortin et al. (2003) avaliaram dietas com diferentes níveis de beta-glucanas, oriunda da aveia, e concluíram que o maior nível (4,1%) proporcionou menor grau de marmoreio na carne de suínos em terminação. A avaliação do marmoreio, ou gordura intramuscular, representa a quantidade de gordura depositada dentro do músculo, que não pode ser separada da carne. Esta medida não foi realizada no presente estudo, porém, é possível relacionar o efeito que os autores obtiveram com os maiores níveis de beta-glucanas, com o efeito obtido neste estudo na medida em que as dietas com maiores níveis de fibra solúvel, proporcionaram aumento linear na porcentagem de carne magra nas carcaças.

As análises da qualidade da carne foram realizadas para os músculos *Semimembranosus* e *Longissimus dorsi* (Tabela 5), sendo observados efeitos ($P < 0,05$) quadráticos para o pH medido após 24 horas do músculo *Semimembranosus* e para a capacidade de retenção de água do músculo *Longissimus dorsi*, tendo como níveis ótimos, 7,35 e 6,46% de fibra solúvel, respectivamente. As equações de predição encontram-se na Tabela 6.

Watanabe et al. (2010) estudando concentrações de polpa cítrica, ingrediente rico em fibra solúvel, para suínos pesados em terminação submetidos a programa de restrição alimentar qualitativa, observaram aumento linear no pH 24h do músculo *Semimembranosus*, o que não é o desejado.

A ausência de diferença na quantidade de lipídeos da carne dos animais do presente estudo, discordou dos resultados obtidos anteriormente por Fortin et al. (2003), os quais avaliaram dietas com diferentes níveis de beta-glucanas

provenientes da quantidade de aveia presente nas dietas, e concluíram que mesmo sem afetar o desempenho dos animais, os maiores níveis de beta-glucanas (4,10; 3,33 e 2,10%) proporcionaram menores quantidades de lipídeos na carne de suínos em terminação.

Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades das características qualitativas da carne de suínos pesados, em função dos diferentes níveis de fibra solúvel nas dietas

| Variáveis ⁽¹⁾ | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|----------------------------|------------------|--------|--------|--------|------|--------|------------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| <i>Semimembranosus</i> | | | | | | | |
| pH 45' | 5,61 | 5,70 | 5,66 | 6,65 | 0,07 | 0,9775 | - |
| T 45', °C | 35,80 | 35,25 | 34,97 | 35,99 | 0,32 | 0,4726 | - |
| pH 24h ² | 5,67 | 5,42 | 5,55 | 5,65 | 0,06 | 0,0140 | Quadrática |
| T 24h, °C | 6,44 | 5,20 | 5,85 | 6,47 | 0,43 | 0,6927 | - |
| <i>Longissimus dorsi</i> | | | | | | | |
| pH 45'* | 5,24 | 5,55 | 5,43 | 5,50 | 0,07 | 0,4425 | - |
| T 45', °C | 32,24 | 32,20 | 31,94 | 32,37 | 0,34 | 0,6669 | - |
| pH 24h | 5,27 | 5,23 | 5,35 | 5,31 | 0,06 | 0,3158 | - |
| T 24h, °C | 6,31 | 3,94 | 4,96 | 6,34 | 0,50 | 0,2340 | - |
| CRA, % | 68,55 | 75,75 | 79,80 | 72,54 | 1,07 | 0,0002 | Quadrática |
| L* | 55,60 | 56,02 | 53,26 | 55,01 | 0,72 | 0,6388 | - |
| a* | 10,73 | 8,83 | 8,46 | 8,14 | 0,45 | 0,1501 | - |
| b* | 8,00 | 8,07 | 7,24 | 6,50 | 0,34 | 0,3551 | - |
| PPC, % | 29,29 | 28,31 | 25,33 | 30,82 | 0,78 | 0,1134 | - |
| FC, kgF/cm ² | 2,56 | 2,39 | 2,52 | 2,19 | 0,09 | 0,5027 | - |
| PPG, % | 8,88 | 9,76 | 9,53 | 10,95 | 0,66 | 0,7693 | - |
| Oxidação lipídica, mgTMP/g | 0,2071 | 0,2357 | 0,2814 | 0,2114 | 0,02 | 0,4537 | - |
| Lipídios totais, % | 8,81 | 10,03 | 9,21 | 9,13 | 0,57 | 0,9239 | - |
| Colesterol, mg/100g | 26,33 | 27,26 | 27,17 | 26,18 | 0,81 | 0,9155 | - |

⁽¹⁾ CRA - Capacidade de retenção de água; L* - Luminosidade; a* - Teor de vermelho; b* - teor de amarelo; PPC - perda por cocção; FC - força de cisalhamento; PPG - perda por gotejamento. ²Análise de variância com base em dados transformados por $y = \log(y+1,5)$.

Para a carne ser considerada normal, PSE (pálida, mole e exsudativa) ou DFD (escura, dura e seca), alguns fatores de qualidade devem ser avaliados conjuntamente, como o pH inicial e final, a luminosidade e a perda por gotejamento. Cada um desses fatores isoladamente pode não ser suficiente para classificar uma carne (RAMOS e GOMIDE, 2007). Segundo NPPC (2001), uma carne PSE apresenta pH final igual ou menor que 5,8, associado à luminosidade maior que 53 e

à perda por gotejamento maior que 5%, determinam características relacionadas a este tipo carne. Bridi e Silva (2007), associam valores similares para a definição de carne PSE que são: o pH final deve ser inferior a 5,6, a luminosidade maior que 50 e a perda por gotejamento maior 5%. Levando em consideração as informações citadas acima, os valores obtidos nesse estudo caracterizam carne PSE, porém, não havendo influência ($P>0,05$) das dietas experimentais.

A carne PSE é relatada como a principal anomalia da carne suína. Esta pode ser resultado da elevação da taxa glicolítica, imediatamente antes e logo após o abate, o que acarreta maior concentração de ácido láctico e decréscimo acelerado do pH muscular. A combinação do pH baixo e elevada temperatura da carcaça levam à maior desnaturação de proteínas miofibrilares com consequente redução em sua capacidade de retenção de água (CALDARA et al., 2012). Fatores envolvidos no período pré-abate podem influenciar, negativamente, o bem-estar do suíno e, conseqüentemente, sua qualidade da carne (PÉREZ et al., 2002; COSTA et al., 2009), o que aumenta de forma significativa a incidência de carne PSE.

Tabela 6. Equações de predição das características qualitativas da carne, apresentadas na tabela 5, de suínos recebendo as dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Variáveis | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|--------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| <i>Semimembranosus</i> | | | |
| pH24h | $-0,3300x^2 + 4,8537x + 61,8860$ | 0,9980 | 7,35 |
| <i>Longissimus dorsi</i> | | | |
| CRA* | $0,0066x^2 - 0,0853x + 5,7422$ | 0,6403 | 6,46 |

*CRA - Capacidade de retenção de água

Para os teores dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 7), observou-se efeito quadrático ($P<0,05$) para o ácido cis-vacênico, com nível máximo de 7,15% de fibra solúvel na dieta. Para o ácido linoleico conjugado (CLA), verificou-se redução linear dos seus níveis com o aumento da fibra solúvel nas dietas. As equações de predição encontram-se na Tabela 8.

Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos abatidos pesados, recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Ácidos graxos, % | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|------|--------|------------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| Cáprico* | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,00 | 0,0529 | - |
| Laurico* | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,5814 | - |
| Mirístico | 1,38 | 1,36 | 1,33 | 1,26 | 0,02 | 0,3321 | - |
| Miristoleico* | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,3253 | - |
| Pentadecanoico | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,0751 | - |
| Palmítico | 26,88 | 27,30 | 27,01 | 27,06 | 0,15 | 0,8068 | - |
| Palmitoleico | 3,07 | 3,73 | 3,20 | 3,43 | 0,09 | 0,1098 | - |
| Heptadecanoico | 0,20 | 0,17 | 0,26 | 0,24 | 0,02 | 0,1128 | - |
| Heptadecenoico | 0,21 | 0,20 | 0,28 | 0,31 | 0,02 | 0,0860 | - |
| Estearico | 13,22 | 12,06 | 13,15 | 12,90 | 0,25 | 0,3014 | - |
| Oleico | 43,92 | 44,99 | 43,63 | 45,57 | 0,32 | 0,4227 | - |
| Cis-vacênico | 3,59 | 4,24 | 3,88 | 3,88 | 0,09 | 0,0472 | Quadrático |
| Linoleico | 5,36 | 3,83 | 4,83 | 4,73 | 0,25 | 0,2577 | - |
| γ linolênico* | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,1124 | - |
| α linolênico | 0,12 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,01 | 0,1557 | - |
| Linoleico conjugado (CLA)* | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,01 | 0,0389 | Linear |
| Araquídico | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,18 | 0,00 | 0,9219 | - |
| Eicosenoico | 0,76 | 0,82 | 0,76 | 0,76 | 0,02 | 0,7984 | - |
| Eicosadienoico* | 0,20 | 0,13 | 0,16 | 0,15 | 0,01 | 0,1215 | - |
| Eicosatrienoico (cis - 8, 11, 14)* | 0,07 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,01 | 0,1959 | - |
| Araquidônico* | 0,36 | 0,36 | 0,54 | 0,68 | 0,07 | 0,2733 | - |
| Eicosatrienoico (cis - 11, 14,17)* | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,3975 | - |
| Eicosapentaenoico (EPA) * | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,8320 | - |
| Docosatetraenoico (DTA)* | 0,08 | 0,07 | 0,12 | 0,13 | 0,01 | 0,2138 | - |
| Nervônico* | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,1259 | - |
| Docosaheptaenoico (DHA)* | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,4457 | - |

*Análise de variância com base em dados transformados por $y=\log(y+1,5)$.

A composição de ácidos graxos da carne está relacionada a diversos aspectos de qualidade deste produto. Segundo Ramos e Gomide (2007) de forma indireta e menos intensa a gordura da carne, principalmente os lipídios intramusculares influenciam o grau de maciez da carne, além de conter vários componentes importantes que afetam o sabor. A cor da carne também pode ser

influenciada pelas diferentes quantidades de ácidos graxos na gordura intramuscular do animal (WOOD et al., 2003). Devido à ausência de diferença nos resultados apresentados na Tabela 5, pode-se afirmar, que os ácidos graxos afetados pelas dietas, neste estudo, não são de relevante importância na qualidade do produto.

Ao contrário dos ruminantes, os ácidos graxos quando consumidos pelos monogástricos são absorvidos sem alterações estruturais (RULE et al., 1995), ou seja, a composição corporal em CLA dos suínos será semelhante ao perfil da dieta. No presente estudo, as dietas foram formuladas para que a energia metabolizável fosse reduzida com o aumento da quantidade de fibra solúvel, portanto, a quantidade de óleo de soja necessária para atingir o nível proposto por Rostagno et al. (2011), no tratamento 1,5% de fibra solúvel, foi maior que nos outros, sendo este, um provável motivo para a redução do CLA no perfil de ácido graxo da carne desses animais.

Tabela 8. Equações de predição dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* apresentados na Tabela 7, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| Ácidos graxos | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|----------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| Cis-vacênico | $-0,0118x^2+0,1688x+3,4877$ | 0,3803 | 7,15 |
| Linoleico conjugado (CLA)* | $-0,0009+0,0731$ | 0,6624 | - |

Para os pesos de órgãos do sistema gastrointestinal (Tabela 9), observou-se efeito linear ($P < 0,05$) para os pesos relativos do estômago, intestino delgado, ceco, cólon e pâncreas, todos apresentando valores crescentes conforme aumentaram os níveis de fibra solúvel nas dietas. Estes aumentos podem explicar a diminuição observada no rendimento das carcaças (Tabela 3). As equações de predição encontram-se na Tabela 10. Segundo Dierick et al. (1989), o consumo de alimentos com elevados teores de fibra dietética, independentemente da natureza de sua fração, pode levar ao aumento no tamanho dos órgãos do sistema digestório.

De acordo com Low (1989), o consumo de dietas contendo maiores níveis de polissacarídeos não-amiláceos (PNA) pode promover aumento das secreções gástricas, culminando com maior volume da digesta, de acordo com a natureza hidrofílica dos PNA. Portanto, com a presença de maior quantidade de PNA solúveis, como a pectina há, também, maior tamanho relativo do estômago, devido à

ocupação pelo alimento. Wyatt et al. (1989) afirmaram que quando há fornecimento de ingredientes que promovem o aumento da viscosidade do quimo, como a fração solúvel da fibra, há necessidade de maior atividade das paredes do intestino grosso para promover o peristaltismo, levando à hipertrofia muscular e, conseqüentemente, ao aumento nos pesos do ceco e do cólon. Além disso, a hipertrofia do intestino grosso, pode ser justificada por ser o local onde ocorre a fermentação bacteriana dos carboidratos, em especial da fração solúvel da fibra dietética, efeitos estes, observados no presente estudo.

Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades obtidas através de análise das variáveis de peso dos órgãos do sistema digestório em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| | Fibra Solúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|--------------------------|------------------|------|------|------|------|--------|--------|
| | 1,5 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | | | |
| Peso absoluto, kg | | | | | | | |
| Estômago | 0,53 | 0,54 | 0,49 | 0,52 | 0,01 | 0,5726 | - |
| Intestino delgado | 1,62 | 1,60 | 1,60 | 1,53 | 0,03 | 0,8504 | - |
| Ceco | 0,19 | 0,21 | 0,19 | 0,22 | 0,01 | 0,2103 | - |
| Cólon | 1,30 | 1,57 | 1,44 | 1,43 | 0,04 | 0,1258 | - |
| Fígado | 1,96 | 1,72 | 1,83 | 1,63 | 0,05 | 0,0673 | - |
| Pâncreas | 0,16 | 0,16 | 0,18 | 0,16 | 0,01 | 0,4838 | - |
| Peso relativo, % | | | | | | | |
| Estômago | 0,48 | 0,50 | 0,50 | 0,59 | 0,01 | 0,0064 | Linear |
| Intestino delgado | 1,52 | 1,44 | 1,66 | 1,75 | 0,05 | 0,0355 | Linear |
| Ceco | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,25 | 0,01 | 0,0010 | Linear |
| Cólon | 1,18 | 1,45 | 1,49 | 1,62 | 0,05 | 0,0081 | Linear |
| Fígado | 1,81 | 1,62 | 1,85 | 1,74 | 0,03 | 0,0546 | - |
| Pâncreas | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,01 | 0,0482 | Linear |

Tabela 10. Equações de predição do peso dos órgãos do sistema digestório apresentados na Tabela 9, de suínos recebendo as dietas contendo diferentes níveis de fibra solúvel

| | Equação | R ² |
|----------------------|------------------|----------------|
| Peso relativo | | |
| Estômago | 0,0095x + 0,4571 | 0,7867 |
| Intestino delgado | 0,0269x + 1,4212 | 0,7945 |
| Ceco | 0,0061x + 0,1638 | 0,7618 |
| Cólon | 0,0367x + 1,2010 | 0,8370 |
| Pâncreas | 0,0042x + 0,1358 | 0,8730 |

Resultados semelhantes foram obtidos por Watanabe et al. (2010), que verificaram aumentos linear e quadrático para os pesos do cólon e do ceco, respectivamente, com maiores pesos nos animais dos tratamentos com maiores inclusões de polpa cítrica, ingrediente este composto, em grande parte, por fibra dietética solúvel, para suínos pesados em terminação e submetidos a programa de restrição alimentar qualitativa. PLUSKE et al. (1998) também observaram maior desenvolvimento do intestino grosso de suínos alimentados com dietas contendo PNAs solúveis, afirmando que os ácidos graxos voláteis resultantes da fermentação, principalmente o butirato, eram responsáveis pelo maior desenvolvimento celular da mucosa do cólon.

Devido ao fígado ser responsável pelo metabolismo energético (NELSON; COX, 2012), poderia ser esperada redução no tamanho deste órgão com a restrição energética, proporcionada pelos maiores níveis de fibra solúvel nas dietas, porém, este resultado não foi observado.

CONCLUSÃO

O uso de dietas com até 12% de fibra solúvel para suínos pesados, em terminação e submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, prejudica as características de carcaça, porém, sem afetar a qualidade da carne. Além disso, o aumento nos níveis de fibra dietética solúvel proporciona aumento na porcentagem de carne magra da carcaça, atingindo, assim, parcialmente, os objetivos propostos, e também aumento no peso relativo dos órgãos dos animais..

AGRADECIMENTOS

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Processo n°: 2012/10206-2.

Bolsa de estudos cedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS:

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Estrela: ABCS, 1973. 17p. (Publicação Técnica nº 2)

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.

BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. **Livestock Production Science**, v.8, n.3, p.385-397, 1981.

BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R.; ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, v.53, p.1642, 1988.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.1, p.11-17, 1995.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídeos totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, p.98-104, 2002.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 97p, 2007.

CALDARA, F. R.; SANTOS, V. M. O.; SANTIAGO, J. C.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; GARCIA, R. G.; VARGAS JUNIOR, F. M.; SANTOS, L. S.; NÄÄS, I. A. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.815-824, 2012.

COSTA, O. A. D.; LUDKE, J. V.; COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; COSTA, M. J. R. P.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J. V.; ROZA, D. D. Efeito do manejo pré-abate sobre alguns parâmetros fisiológicos em fêmeas suínas pesadas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.852-858, 2009.

DIERICK, N. A.; VERVAEKE, I. J.; DEMEYER, D. I. 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**, v.23, p.141-167, 1989.

FORTIN, A.; ROBERTSON, W. M.; KIBITE, S.; LANDRY, S. J. Growth performance, carcass and pork quality of finisher pigs fed oat-based diets containing different levels of β -glucans. **Journal Animal Science**, v.81, p.449-456, 2003.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; NADAI, A. Qualitative feed restriction for heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.6, p.1353-1363, 2009.

GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; MARTELLI, M. R.; SOBRAL, P. J. A.; FUKUSHIMA, R. S. Desempenho e características de carcaça de suínos alimentados com dieta com feno de Tifton (*Cynodon dactylon*). **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, p.59-67, 2008.

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.

HAMM, R. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. In: BECHTEL, P. J. Muscle as Food. Academic Press, p.135-199, 1986.

KIM, B. G.; WULF, D. M.; MADDOCK, R. J.; PETERS, D. N.; PEDERSEN, C.; LIU, Y.; STEIN, H.H. Effects of dietary barley on growth performance, carcass traits and pork quality of finishing pigs. **Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria**, v.27, p.102-113, 2014.

LOW, A. G. Secretory responses of the pig gut to non-starch polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.55-65, 1989.

LYON, C. E.; LYON, B. G.; DICKENS, J. A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, n.1, p. 53-60, 1998.

MIRA, G. S.; GRAF, H.; CANDIDO, L. M. B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em β -glucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmacology and Science**, v.45, n.1, 2009.

NPPC. **Procedures to Evaluate Market Hogs**, 3rd ed. National Pork Producers Council, Des Moines, IA, 1991.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5ed. Hardcover, 2012, 1100p.

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

PÉREZ, M. P.; PALACIO, J.; SANTOLARIA, M. P.; ACEÑA, M. C.; CHACÓN, G.; GASCÓN, M.; CALVO, J. H.; ZARAGOZA, M. O.; BELTRAN, J. A.; GARCÍA-BELENGUER, S. Effect of transport time on welfare and meat quality parameters in pigs. **Meat Science**, v.61, p.425-433, 2002.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.5, p.1309-1313, 1989.

PLUSKE, J. R.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P. Differential effects of feeding fermentable carbohydrate to growing pig on performance, gut size and slaughter characteristics. **Journal of Animal Science**, v.67, p.147-156, 1998.

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**, v.66, n.3, p.699-706, 1988.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2007. 599 p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 3ed., 2011, 252p.

RSPCA. **RSPCA Welfare Standards for Pigs**. RSPCA/Freedom Food, Horsham,UK, 2010.

RULE, D. C.; BUSBOOM, J. R.; KERCHER, C. J. Effect of dietary canola on fatty acid composition of bovine adipose tissue, muscle, kidney, and liver. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2735-2744, 1994.

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

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; SANTOS, V. M.; MASSON, G. C. I.; FRAGA, A. L.; PASCOAL, L. A. F.; ROBLES-HUAYNATE, R. A.; SILVA, S. Z. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp

levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.921-929, 2010.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2003.

WYATT, G. M.; HORN, N.; GEE, J. M.; JOHNSON, I. T. Intestinal microflora and gastrointestinal adaptation in the rat in response to non-digestible dietary polysaccharides. **British Journal of Nutrition**, v.60, p.197-207, 1989.

CAPÍTULO 4 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA INSOLÚVEL EM DIETAS DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS SOBRE O DESEMPENHO, A DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS, A TAXA DE PASSAGEM DA DIGESTA, O NÚMERO DE DIAS PARA ATINGIR 130 KG DE PESO VIVO E AS CARACTERÍSTICAS DAS FEZES

RESUMO – Objetivou-se comparar níveis crescentes de inclusão de fibra dietética insolúvel (celulose purificada) às dietas de suínos em terminação, submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, abatidos aos $133,30 \pm 11,59$ kg de peso vivo, sobre o desempenho, o consumo de energia, a taxa de passagem da digesta, os dias necessários para atingirem 130 kg de peso vivo, a digestibilidade das dietas, e a composição e excreção de minerais nas fezes dos suínos. Foram utilizados 32 suínos, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso, em função do peso vivo inicial, sendo quatro tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle (com 15,5% de fibra dietética insolúvel) e outras três com adição de celulose purificada até atingirem os teores de 20, 25 e 30% de fibra insolúvel. O consumo das dietas com 30% de fibra insolúvel, proporcionou redução ($P < 0,05$) de 45,52 e 41,92% no consumo de energia pelos animais nos períodos 1 e total, respectivamente, quando comparada à dieta controle, porém, isto não resultou em prejuízo no desempenho dos animais. A digestibilidade de todos os nutrientes das dietas foi prejudicada ($P < 0,05$) pelos maiores níveis de fibra insolúvel consumidos pelos animais, com exceção das fibras dietéticas solúvel, insolúvel e total. Além disso, foram observadas alterações ($P < 0,05$) na composição das fezes e também nas quantidades dos nutrientes excretadas. Concluiu-se que a inclusão de até 30% de fibra insolúvel nas dietas não influencia as variáveis de desempenho, a taxa de passagem da digesta e o número de dias para atingir 130kg de peso vivo, de suínos em terminação. Porém afeta a composição das fezes e a excreção de minerais pelos animais, o que indica que mais estudos voltados à inclusão de fibras insolúveis na dieta são necessários para que se tenha uma melhor avaliação desse efeito.

Palavras-chave: celulose, consumo de energia, nutrição

CHAPTER 4 – LEVELS OF DIETETIC INSOLUBLE FIBER TO SWINE SLAUGHTER HEAVY ON THE PERFORMANCE, THE DIGESTIBILITY OF DIETS, THE DIGESTA PASSAGE RATE, THE DAYS TO REACH 130 KG OF BODY WEIGHT AND THE PRODUCTION AND CHARACTERISTICS OF THE FECES

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate diets with increasing levels of insoluble dietetic fiber (purified cellulose) in the feeding of swine slaughtered heavy, in a qualitative feed restriction program, related with the growth performance, the energy intake, the diets digestibility, the digesta passage rate, the days enough to reach 130 kg of live weight, so as the minerals composition and excretion of the pigs feces. In total thirty-two pigs, were assigned to four dietary treatments and eight replications in a randomized block design, to control the initial body weight differences. The treatments were a control diet (15.5% of insoluble dietetic fiber) and three diets with purified cellulose addition to achieve the levels of 20, 25 and 30% dietary soluble fiber. No differences ($P>0.05$) were observed for the performance parameters, final body weight, daily gain, daily feed intake, feed conversion ratio, digesta passage rate and days to reach 130 kg of live weight. The diets with 30% of insoluble fiber reduce the energy intake in 45.52 and 41.92% in the first and in the second period, respectively, when compared with the control diet. The digestibility of all nutrients in the diets, excluding the soluble, the insoluble and the total dietetics fibers were prejudiced ($P<0.05$) by the higher levels of the insoluble fiber in the diets, differences ($P<0.05$) in the feces composition and excretion were also affected by the diets. In conclusion up to 30% of insoluble fiber can be used in finishing pigs diets with no any effect in the performance and in the digesta rate of passage, although the use of this fiber has effects in the diets digestibility and in the feces composition and excretion, which indicate more studies to know the influence in this effects.

Keywords: cellulose, energy intake, nutrition, rate of passage

INTRODUÇÃO

A produção de suínos é considerada uma das principais atividades do agronegócio brasileiro. Porém, nem sempre é possível fazer uma previsão dos períodos de instabilidade nesta atividade pois, geralmente, estão ligados com a elevação ou queda dos preços tanto do suíno como dos insumos utilizados nas dietas. A alimentação representa a maior parte do custo de produção devido ao milho e a soja serem os principais ingredientes incluídos na formulação das dietas. Além disso, estes grãos fazem parte da alimentação de outros animais e também da alimentação humana e, portanto, suas disponibilidades e preços influenciam, diretamente, no valor da produção de suínos. Devido ao suíno ser um animal que apresenta fácil aceitação aos diferentes alimentos, produtos alternativos podem ser utilizados nas dietas visando reduzir essa concorrência do uso do milho e da soja, a instabilidade nos preços e a disponibilidade destes produtos.

Neste cenário, muitas pesquisas passaram a ser realizadas com o uso de coprodutos, pois, além destes não concorrerem com a alimentação humana, ainda podem ser obtidos com preços mais acessíveis, reduzindo o custo de produção. Grande parte dos coprodutos da indústria agrícola são de composição fibrosa, sendo esta uma característica, que usada sem critérios, pode prejudicar o desempenho do animal.

Algumas categorias animais adaptam-se melhor a elevadas porcentagens de fibra na dieta, como por exemplo, os animais em terminação. Após uma certa fase, o nível energético da dieta, associado ao maior consumo de ração gera elevada deposição de gordura na carcaça e o uso de ingredientes fibrosos pode ser interessante devido à fibra proporcionar diluição no nível energético da dieta. O processo de diluir o nível energético da dieta pode ser chamado de restrição alimentar qualitativa, e a adoção desta técnica permite o abate de animais mais pesados sem grande deposição de gordura na carcaça. Além disso, outra vantagem apresentada por Watanabe et al. (2010), é que ingredientes de característica fibrosa têm apresentado boa viabilidade como fonte de energia para suínos em terminação.

Altos níveis da fração insolúvel da fibra são encontrados na maioria dos coprodutos, e esta fração tem como característica principal não ser dissolvida

facilmente em água. Por outro lado, esta fração promove a diminuição no tempo de retenção da digesta ocasionando, também, diminuição no aproveitamento dos nutrientes, e independentemente da categoria animal, aumento na capacidade de retenção de água (MONTAGNE et al., 2003).

A grande presença de fibra dietética insolúvel nos coprodutos, e a falta de padronização entre estes, pode tornar sua inclusão não lucrativa devido às diferentes respostas em função das variações na quantidade e nos tipos de fibra. Por isso, utilizou-se um produto purificado o que possibilitou o balanceamento das dietas e testar com níveis pré-determinados de fibra dietética insolúvel. Para isso, adicionou-se celulose purificada às dietas de suínos em terminação submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa abatidos aos $133,30 \pm 11,59$ kg de peso vivo sobre o desempenho, a digestibilidade das dietas, a taxa de passagem da digesta e o número de dias para atingir 130kg de peso vivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações, animais e dietas experimentais

O ensaio foi conduzido nas instalações experimentais do Laboratório de Pesquisas em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Utilizou-se 32 suínos, machos castrados de linhagem comercial, com peso inicial médio de $78,53 \pm 11,02$ kg e distribuídos nos tratamentos experimentais segundo o delineamento em blocos ao acaso, formados de acordo com o peso inicial, com quatro dietas experimentais (tratamentos) contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel, e oito repetições, com um animal constituindo a unidade experimental. Os animais foram alojados em baias individuais com $2,55\text{m}^2$ cada, equipadas com comedouros semiautomáticos e bebedouros do tipo chupeta. Inicialmente os animais foram submetidos a um período de 5 dias de adaptação às instalações e dietas, recebendo duas refeições diárias, às 8h e às 17h. Após o período de adaptação, iniciou-se o ensaio de desempenho, o qual durou 58 dias, com os animais recebendo as dietas pré-determinadas, até atingirem $133,30 \pm 11,59$ kg de peso. As dietas foram

formuladas para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2011), para suínos de alto potencial genético, de acordo com o conceito da proteína ideal, em duas fases, sendo: 1- dos 78,53 ± 11,02 aos 106,06 ± 10,68kg de peso vivo e 2- dos 106,66 ± 10,68 aos 133,30 ± 11,59kg de peso vivo, que consistiram do 1° ao 28° e do 29° ao 58° dia de experimento (Tabelas 1 e 2), variando apenas a quantidade de energia. Para obtenção dos teores de fibras insolúveis nas dietas adicionou-se celulose com 99,50% de fibra insolúvel em sua composição (ARBOCEL®, J. Rettenmaier Latinoamericana Ltda.), na quantidade necessária, levando-se em consideração as fibras já presentes nos ingredientes que foram utilizados na formulação das dietas. As dietas experimentais foram:

- DC - Dieta controle, composta principalmente por milho e farelo de soja, contendo 15,5% de fibra insolúvel;
- D 20FI - Dieta com adição de celulose purificada até atingir 20% de fibra insolúvel;
- D 25FI - Dieta com adição de celulose purificada até atingir 25% de fibra insolúvel e;
- D 30FI - Dieta com adição de celulose purificada até atingir 30% de fibra insolúvel.

Ensaio de desempenho

Os animais receberam ração e água à vontade durante todo o ensaio, sendo as sobras de ração recolhidas e pesadas diariamente, e o peso dos animais registrados ao final de cada fase. De posse destas informações foi possível determinar o consumo diário de ração (CDR), o consumo diário de energia digestível (CDED), o ganho diário de peso (GDP), a conversão alimentar (CA) dos animais e os dias necessários para atingir 130kg de peso vivo (D130), sendo este estimado através do ganho de peso diário dos animais. Como não houve redistribuição dos animais, nos blocos, ao final da fase 1, os dados foram analisados nos seguintes períodos: 1- dos 78,53 ± 11,02 aos 106,06 ± 10,68kg de peso vivo (do 1° ao 28° dia de experimento) e Total- dos 78,53 ± 11,02 aos 133,30 ± 11,59kg de peso vivo (do 1° ao 58° dia de experimento).

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel

| Ingredientes, % | Diets Experimentais ⁽¹⁾ | | | |
|--|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | FI 20 | FI 25 | FI 30 |
| Milho | 80,74 | 74,32 | 69,22 | 63,18 |
| Farelo de soja, 45% | 15,00 | 17,00 | 17,00 | 18,00 |
| Óleo de soja | 0,66 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Sal comum | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| Fosfato bicálcico | 1,31 | 1,31 | 1,33 | 1,34 |
| Calcário | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,32 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina HCl. 78% | 0,28 | 0,34 | 0,35 | 0,34 |
| L-Treonina, 98% | 0,13 | 0,12 | 0,13 | 0,13 |
| DL-Metionina, 99% | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 |
| L-Triptofano, 98% | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ARBOCEL® ⁽³⁾ | - | 4,64 | 9,69 | 14,74 |
| Inerte | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados ⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.230 | 3.076 | 2.927 | 2.776 |
| %redução EM | 0,00 | 4,77 | 9,38 | 14,06 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,40 | 1,35 | 1,30 | 1,28 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 19,10 | 24,31 | 28,73 |
| Cálcio, % | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 |
| Cloro, % | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,26 |
| Fósforo disponível, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Lisina dig., % | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| Metionina+cistina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,53 | 0,51 | 0,51 |
| Proteína bruta, % ⁽⁵⁾ | 14,16 | 14,56 | 14,26 | 14,29 |
| Sódio, % | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Treonina dig., % | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| Triptofano dig., % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

⁽¹⁾DC: dieta controle; FI20, FI25 e FI30: 20, 25 e 30% de fibra dietética insolúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾ ARBOCEL®, J. Rettenmaier Latinoamericana Ltda.; ⁽⁴⁾ Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel

| Ingredientes, % | Dietas Experimentais ⁽¹⁾ | | | |
|--|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Controle | FI 20% | FI 25% | FI 30% |
| Milho | 81,49 | 75,16 | 69,18 | 63,22 |
| Farelo de soja, 45% | 14,70 | 15,64 | 16,57 | 17,48 |
| Óleo de soja | 0,50 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Sal comum | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,34 |
| Fosfato bicálcico | 1,16 | 1,18 | 1,19 | 1,20 |
| Calcário | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,31 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina HCl. 78% | 0,29 | 0,28 | 0,26 | 0,25 |
| L-Treonina, 98% | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| DL-Metionina, 99% | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| L-Triptofano, 98% | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| ARBOCEL® ⁽³⁾ | - | 5,48 | 10,53 | 15,58 |
| Celite 545® | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Inerte | - | - | - | - |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados ⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.229 | 3.067 | 2.910 | 2.758 |
| %redução EM | 0,00 | 5,24 | 9,92 | 14,60 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,43 | 1,31 | 1,28 | 1,26 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 19,56 | 24,17 | 29,65 |
| Cálcio, % | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| Cloro, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Fósforo disponível, % | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Lisina dig., % | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Metionina+cistina dig., % | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Proteína bruta, % ⁽⁵⁾ | 13,92 | 13,91 | 13,92 | 13,92 |
| Sódio, % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Treonina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Triptofano dig., % | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |

⁽¹⁾DC: dieta controle; FI20, FI25 e FI30: 20, 25 e 30% de fibra dietética insolúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾ ARBOCEL®, J. Rettenmaier Latinoamericana Ltda.; ⁽⁴⁾ Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Taxa de passagem

Para determinação da taxa de passagem da digesta, no 35º dia de experimento, ofereceu-se aos animais, alimento marcado com 1% de óxido férrico e marcou-se o tempo gasto em minutos, entre a ingestão deste alimento e o aparecimento das primeiras fezes com a coloração característica do marcador.

Digestibilidade das dietas

Durante o ensaio de desempenho, no 29º dia do período experimental, quando os animais $106,06 \pm 10,68\text{kg}$ de peso, realizou-se a avaliação da digestibilidade das dietas experimentais, em que foram determinados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA), fibra dietética solúvel (CDFDS), fibra dietética insolúvel (CDFDI), energia bruta (CDEB) e coeficiente de disponibilidade da matéria mineral (CDMM), empregando-se, o método da coleta parcial de fezes.

Para tanto, adicionou-se, às dietas experimentais, 1% de Celite 545®, que é o indicador interno de cinza insolúvel em ácido (CIA), sendo os animais alimentados com essas dietas durante três dias para regular o fluxo do indicador no trato gastrointestinal. Nos três dias subsequentes a esta adaptação, 200 gramas de fezes foram coletadas diretamente do reto dos animais, duas vezes ao dia, às 8h30 e 14h30. Estas foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados sendo, em seguida, armazenados em freezer a $- 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises. Após o período de coleta, as fezes foram descongeladas e homogeneizadas, para obtenção de uma amostra composta de cada animal, a qual foi submetida à pré-secagem em estufa com ventilação forçada a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. Também foram coletadas amostras das dietas experimentais e dos ingredientes utilizados. Todas as amostras foram moídas em moinho do tipo “faca”, dotado de peneira com crivos de 1mm.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, determinando-se os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), de acordo com Silva e Queiroz (2002) e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica do tipo Parr. A partir destes valores, calculou-se os coeficientes de

digestibilidade aparente da MS, PB e EB, o coeficiente de disponibilidade da MM, bem como foram determinados os teores dos nutrientes e energia digestíveis das dietas. As determinações de CIA nas dietas e nas fezes foram efetuadas por meio de digestão das amostras em ácido clorídrico 4N, sob aquecimento, durante 45 minutos, filtragem do resíduo em papel de filtro quantitativo e, finalmente, incineração dos filtros e resíduos retidos, em forno tipo mufla a 500 °C por quatro horas, conforme método adaptado de Van Keulen e Young (1977).

As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991) e Silva e Queiroz (2002), respectivamente. As análises das fibras dietéticas solúvel (FDS), insolúvel (FDI) e total (FDT) foram realizadas, segundo AOAC (1995), na Unesp, Câmpus de Dracena.

Para o cálculo do fator de indigestibilidade (FI) foi usada a seguinte equação proposta por Sakomura e Rostagno (2007):

$$FI = CIA \text{ dieta} / CIA \text{ fezes}$$

Posteriormente às análises bromatológicas realizadas, os coeficientes de digestibilidade foram calculados utilizando-se a seguinte equação:

$$CD(\%) = 100 - (\%CIA \text{ dieta} / \%CIA \text{ fezes}) \times (\%nutriente \text{ fezes} / \%nutriente \text{ dieta})$$

Características das fezes

Para avaliação do potencial de impacto ambiental das fezes, foram estimadas as excreções (E) dos animais em sólidos totais (E-ST), sólidos voláteis (E-SV), matéria mineral (E-MM), nitrogênio (E-N); macrominerais, fósforo (E-P), cálcio (E-Ca), magnésio (E-Mg), potássio (E-K), sódio (E-Na) e microminerais, zinco (E-Zn), cobre (E-Cu), ferro (E-Fe) e manganês (E-Mn). As amostras de fezes usadas para estas avaliações foram as mesmas coletadas para avaliação da digestibilidade dos nutrientes das dietas.

As amostras de fezes foram submetidas à digestão por ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, para as determinações dos teores de Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, Fe e Mn. A partir do fator de indigestibilidade (FI) das dietas, determinado no ensaio de digestibilidade, determinou-se os teores dos componentes acima nas fezes.

Considerando-se o consumo das dietas (durante toda a fase 2) pelos animais e o FI, foram calculadas as excreções de fezes, em base seca, de acordo com a seguinte fórmula, adaptada de BERCHIELLI et al. (2005):

$$\text{Excreção de MS fecal (kg)} = \text{Consumo de MS} \times \text{FI}$$

As excreções dos resíduos, MO, MM, N, macro e microminerais nas fezes foram obtidas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Excreção de resíduos (g)} = \frac{\text{Excreção de MS fecal} \times \text{Componentes das fezes (\%)}}{100}$$

em que:

Componentes das fezes = MM, MO, N, P, Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, Fe ou Mn, expressos como porcentagem das fezes na MS.

A partir destes dados foram calculadas as excreções médias de MM, MO, N, macro e microminerais nas fezes dos animais por tratamento, dos $106,66 \pm 10,68$ aos $133,30 \pm 11,59$ kg de peso vivo

Delineamento experimental e análises estatísticas

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, para controlar diferenças no peso inicial, com quatro tratamentos, e oito repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Model) do programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) e em caso de significância (5%) foram realizadas análises de regressão linear e quadrática, com a finalidade de verificar efeitos quanto aos níveis de fibra dietética solúvel utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando avaliados os efeitos dos diferentes níveis de fibra dietética insolúvel para suínos abatidos pesados (Tabela 3) não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para peso final (PF), ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR),

conversão alimentar (CA), dias para atingir 130kg de peso vivo (D130) e taxa de passagem da digesta (TPD). Esses resultados demonstraram uma fácil adaptação dos animais à inclusão destes níveis de fibra insolúvel às dietas. Apenas foram observados efeitos ($P < 0,05$) lineares negativos para o consumo diário de energia digestível (CDED), nos períodos 1 e total, sendo este um dos propósitos do experimento, e obtido pela redução energética das dietas. O consumo das dietas com 30% de fibra insolúvel, proporcionou redução ($P < 0,05$) de 45,52 e 41,92% no consumo de energia nos períodos 1 e total, respectivamente, quando comparada à dieta controle, porém, isto não resultou em prejuízo no desempenho dos animais.

As equações de predição encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para as variáveis de desempenho, consumo diário de energia digestível, dias para atingir 130 kg e a taxa de passagem da digesta em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|-------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| PI, kg | 78,45 | 78,41 | 78,71 | 78,58 | 2,12 | 0,5868 | - |
| Período 1 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| PF, kg | 107,66 | 107,31 | 103,89 | 105,41 | 2,06 | 0,7361 | - |
| GDP, kg | 1,05 | 1,03 | 0,90 | 0,96 | 0,04 | 0,6116 | - |
| CDR, kg | 2,68 | 2,74 | 2,54 | 2,40 | 0,09 | 0,2115 | - |
| CA, kg/kg | 2,39 | 2,39 | 2,69 | 2,59 | 0,07 | 0,4751 | - |
| CDED, kcal/d | 9.708 | 9.348 | 8,384 | 5.289 | 412,68 | <0,0001 | Linear |
| Período Total ⁽³⁾ | | | | | | | |
| PF, kg | 136,18 | 132,38 | 131,83 | 130,97 | 2,23 | 0,7351 | - |
| GDP, kg | 0,98 | 0,89 | 0,89 | 0,87 | 0,03 | 0,5183 | - |
| CDR, kg | 2,01 | 1,98 | 1,80 | 1,97 | 0,06 | 0,6006 | - |
| CA, kg/kg | 2,05 | 2,06 | 2,02 | 2,27 | 0,06 | 0,1260 | - |
| CDED, kcal/d | 7.447 | 6.713 | 5.940 | 4.325 | 273,59 | <0,0001 | Linear |
| D130 | 54,58 | 58,02 | 59,16 | 58,86 | 2,53 | 0,8352 | - |
| TPD, min | 2349,29 | 2065,96 | 2230,90 | 2071,00 | 25,85 | 0,1249 | - |

⁽¹⁾PI: peso inicial; PF: peso final; GDP: ganho diário de peso; CDR: consumo diário de ração; CA: conversão alimentar; CDED: consumo diário de energia digestível; D130: dias para atingir 130 kg; TPD: taxa de passagem da digesta; ⁽²⁾Período 1: 78,53 – 106,06 kg; ⁽³⁾Período Total: 78,53 – 133,30 kg.

Os resultados obtidos no presente estudo diferiram dos obtidos previamente por Owusu-Asiedu et al. (2006), que verificaram prejuízo em algumas variáveis de desempenho de suínos em crescimento, como consumo voluntário de ração e ganho de peso, quando utilizaram 7% de celulose (fonte de fibra insolúvel purificada) nas

dietas dos animais. Os autores relacionaram esses resultados aos incrementos de 6,4 e 1,2% das fibras dietéticas total e insolúvel, respectivamente, nas dietas com adição de celulose em relação à controle. Para conversão alimentar, os autores não verificaram diferenças entre os animais submetidos a dieta com inclusão de celulose e aqueles que receberam a dieta controle, resultado confirmado com o observado na presente pesquisa, em que níveis crescentes de fibra insolúvel nas dietas não afetaram o desempenho dos animais em terminação submetidos à restrição alimentar qualitativa. A provável justificativa para as diferenças, nos resultados de consumo de ração e ganho de peso, entre os estudos é a fase em que os animais se encontravam, visto que, animais em terminação adaptam-se melhor a elevadas porcentagens de fibra na dieta.

Como neste estudo, alguns autores (CHAMORRO et al., 1997; KASS et al., 1980; GOMES et al., 1999; GOMES et al., 2008) também não verificaram efeito do incremento de fibra nas dietas sobre as variáveis de desempenho dos animais, podendo este resultado ser associado ao tipo de fibra utilizado, à idade e à capacidade do animal em digerir estas fibras.

O efeito do consumo da fibra dietética insolúvel sobre a taxa de passagem da digesta dos suínos sempre é um interessante ponto de discussão, afinal, os resultados muitas vezes são contraditórios, por serem influenciados pelo tipo, quantidade, capacidade de fermentação e tamanho de partícula da fibra, além da idade do animal, consumo de alimento, entre outros.

Tabela 4. Equações de predição das variáveis apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Equação | R ² |
|-------------------------------------|---------------------|----------------|
| Período 1 ⁽²⁾ | | |
| CDED, kcal/d | -295,61x+14870,00 | 0,8500 |
| Período Total ⁽³⁾ | | |
| CDED, kcal/d | -209,68x + 10850,00 | 0,9642 |

⁽¹⁾CDED: consumo diário de energia digestível. ⁽²⁾Período 1: 78,53 – 106,06 kg; ⁽³⁾Período Total: 78,53 – 133,30 kg.

Segundo Wenk (2001), altas inclusões de fibra, tanto solúvel como insolúvel, nas dietas de suínos provocam aumento no peristaltismo e, conseqüentemente, aumenta a taxa de passagem da digesta, tanto no intestino delgado como no grosso. Diferentemente, no presente estudo não foi observado efeito ($P>0,05$) dos diferentes

níveis de fibra insolúvel nas dietas sobre a taxa de passagem da digesta (TPD) dos animais. Resultado semelhante a este foi observado por Owusu-Asiedu et al. (2006), que avaliaram a inclusão de 7% de celulose purificada a dietas isoenergéticas de suínos em crescimento. Porém, Wilfart et al. (2007) observaram redução no tempo da taxa de passagem, tanto da fase líquida como da fase sólida, da digesta, em 18,51 e 36,26%, respectivamente, com um incremento de 73,24% de fibra dietética insolúvel para suínos em crescimento.

Para os coeficientes de digestibilidade e disponibilidade das dietas, foram observados efeitos ($P < 0,05$) dos tratamentos para todas as variáveis estudadas, com exceção da digestibilidade das fibras dietéticas solúvel, insolúvel e total, que não foram afetados ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais (Tabela 5). Observou-se diminuição linear ($P < 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, energia bruta, matéria orgânica e fibra em detergente neutro, em torno de 10% quando comparadas as dietas com 30% de fibra insolúvel e a controle (15,5% de fibra insolúvel). Efeitos quadráticos ($P < 0,05$) foram observados para os coeficientes de disponibilidade da matéria mineral e digestibilidade da proteína bruta e fibra em detergente ácido, com os valores máximos destas sendo estimados nos níveis de 20,55; 16,63 e 23,10% de fibra insolúvel nas dietas, respectivamente. As equações de predição para estas variáveis, encontram-se na Tabela 6.

O uso de maiores níveis de fibra dietética justifica os menores valores obtidos na digestibilidade das dietas. Just et al., (1984) afirmaram que os níveis de fibra das dietas podem afetar negativamente em até 70% a digestibilidade da energia pelos animais. Neste estudo a presença de 30% de fibra dietética insolúvel reduziu a digestibilidade da energia em 11,28% quando comparada à dieta controle (15,5% de fibra insolúvel).

Owusu-Asiedu et al. (2006) estudaram a hipótese de que a fibra solúvel prejudica a digestibilidade dos nutrientes da dieta, e que a fibra insolúvel não proporciona os mesmos efeitos negativos, e concluíram que a celulose purificada (fibra insolúvel) influenciou a digestibilidade da energia e da proteína tanto quanto a fibra solúvel testada por estes autores, resultado este também verificado no presente estudo quando comparado com a dieta controle, sem inclusão de fibra dietética insolúvel. Segundo Wilfart et al. (2007) a baixa digestibilidade da proteína bruta

quando utilizado 27% de fibra dietética na dieta, pode ser explicada pelo aumento das secreções endógenas de nitrogênio advindos da descamação ou pela redução da hidrólise e absorção dos nutrientes, ou por esses dois fatores associados.

Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) para os coeficientes de digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes das dietas de suínos em terminação, contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|--|--------------------|-------|-------|-------|------|---------|------------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| Coeficiente de digestibilidade, % | | | | | | | |
| Matéria seca | 88,02 | 84,59 | 83,10 | 78,13 | 0,71 | <0,0001 | Linear |
| Energia bruta | 88,57 | 85,22 | 83,14 | 78,58 | 0,72 | <0,0001 | Linear |
| Matéria mineral | 42,45 | 41,24 | 44,36 | 35,54 | 0,94 | 0,0004 | Quadrático |
| Matéria orgânica | 90,46 | 87,32 | 86,00 | 81,18 | 0,68 | <0,0001 | Linear |
| Proteína bruta | 84,10 | 79,09 | 79,55 | 65,83 | 1,44 | <0,0001 | Quadrático |
| FDN ⁽¹⁾ | 86,75 | 80,76 | 79,77 | 72,63 | 1,22 | <0,0001 | Linear |
| FDA ⁽²⁾ | 39,30 | 47,40 | 60,97 | 38,75 | 2,69 | 0,0081 | Quadrático |
| FDS ⁽³⁾ | 58,99 | 41,09 | 49,23 | 58,88 | 4,36 | 0,2527 | - |
| FDI ⁽⁴⁾ | 86,98 | 87,93 | 84,64 | 81,91 | 1,48 | 0,4710 | - |
| FDT ⁽⁵⁾ | 81,61 | 81,17 | 78,18 | 75,18 | 1,64 | 0,4531 | - |

⁽¹⁾FDN: fibra em detergente neutro; ⁽²⁾FDA: fibra em detergente ácido; ⁽³⁾FDS: fibra dietética solúvel; ⁽⁴⁾FDI: fibra dietética insolúvel e ⁽⁵⁾FDT: fibra dietética total.

Tabela 6. Equações de predição dos coeficientes de digestibilidade das dietas de suínos, recebendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis | Equação | R2 | Nível ótimo, % |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------|----------------|
| Coeficiente de digestibilidade, % | | | |
| Matéria seca | $-0,6425x + 97,9980$ | 0,9601 | - |
| Energia bruta | $-0,6609x + 98,8300$ | 0,9804 | - |
| Matéria mineral | $-0,0831x^2 + 3,4159x + 8,5791$ | 0,7097 | 20,55 |
| Matéria orgânica | $-0,6015x + 99,8490$ | 0,9540 | - |
| Proteína bruta | $-0,0915x^2 + 3,0430x + 57,8320$ | 0,8974 | 16,63 |
| FDN ⁽¹⁾ | $-0,8921x + 100,1600$ | 0,9319 | - |
| FDA ⁽²⁾ | $-0,3358x^2 + 15,5170x - 122,6800$ | 0,7681 | 23,10 |

⁽¹⁾FDN: fibra em detergente neutro; ⁽²⁾FDA: fibra em detergente ácido

A ausência de efeitos ($P > 0,05$) dos maiores níveis de fibra insolúvel na dieta sobre a digestibilidade da fibra dietética total observada nesse estudo, foi reportado anteriormente por Wilfart et al. (2007), que adicionaram 20 e 40% de farelo de trigo a

dieta controle de suínos em crescimento, e conseqüentemente obtiveram os níveis de 13,2; 18,6 e 22,9% de fibra insolúvel na dieta

A composição das fezes dos suínos apresentou diferenças em função dos níveis de fibra insolúvel presentes nas dietas (Tabela 7). Com maiores níveis de fibra insolúvel observou-se aumento linear ($P < 0,05$) para a quantidade de sólidos voláteis e de nitrogênio, porém, as quantidades de matéria mineral, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e manganês diminuíram conforme aumentaram os níveis calculados de fibra insolúvel nas dietas. Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para as quantidades de sódio, cobre e ferro, com menores porcentagens nos níveis de 21,21; 26,83 e 28,34%, de fibra dietética insolúvel, respectivamente. A quantidade de zinco nas fezes dos animais não foi afetada ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais. As equações de predição para os componentes das fezes encontram-se na Tabela 8.

Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Componentes | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|--------|---------|------------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| ST, % ⁽¹⁾ | 93,61 | 92,92 | 92,93 | 93,03 | 0,11 | 0,1332 | - |
| SV, % ⁽²⁾ | 82,03 | 83,47 | 85,41 | 87,21 | 0,51 | 0,0002 | Linear |
| MM, % ⁽³⁾ | 17,97 | 16,53 | 14,59 | 12,22 | 0,50 | <0,0001 | Linear |
| Nitrogênio, % | 3,20 | 3,37 | 3,29 | 3,59 | 0,07 | <0,0001 | Linear |
| Fósforo, % | 2,39 | 2,08 | 1,98 | 1,68 | 0,07 | <0,0001 | Linear |
| Cálcio, % | 2,54 | 2,17 | 1,92 | 1,60 | 0,08 | <0,0001 | Linear |
| Magnésio, % | 0,86 | 0,66 | 0,57 | 0,47 | 0,03 | 0,0001 | Linear |
| Potássio, % | 1,41 | 1,54 | 1,42 | 1,29 | 0,03 | <0,0001 | Linear |
| Sódio, % | 0,34 | 0,29 | 0,31 | 0,37 | 0,01 | 0,0013 | Quadrático |
| Zinco, ppm | 3491,93 | 2921,98 | 2656,30 | 2389,00 | 134,20 | 0,1637 | - |
| Cobre, ppm | 451,53 | 330,67 | 299,79 | 292,76 | 13,86 | <0,0001 | Quadrático |
| Ferro, ppm | 1002,12 | 753,00 | 691,41 | 632,19 | 31,79 | <0,0001 | Quadrático |
| Manganês, ppm | 118,49 | 108,92 | 99,51 | 88,15 | 2,80 | 0,0003 | Linear |

⁽¹⁾ST: sólidos totais; ⁽²⁾SV: sólidos voláteis; ⁽³⁾MM: matéria mineral.

Cooper e Tyler (1959) afirmaram que partículas mais grosseiras de celulose, têm maior influência em proporcionar aumento na porcentagem da matéria seca fecal do que uma celulose fina, como a usada no presente estudo, no qual não foi

observada diferença ($P>0,05$) nas porcentagens de matéria seca na composição das fezes. De forma contrária, Keer et al. (2006), trabalhando com níveis de 2,5 e de 8,7% de celulose nas dietas de suínos, observaram aumento na porcentagem de matéria seca das fezes dos animais.

O consumo de dietas com níveis de 30% de fibra insolúvel aumentou a presença de sólidos voláteis e de nitrogênio nas fezes dos animais em 6,35 e 12,19%, respectivamente. Em contrapartida o mesmo nível de fibra insolúvel na dieta proporcionou reduções nos níveis de matéria mineral, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e manganês, em 40,00; 29,71; 37,00; 45,35; 8,51 e 25,61%, respectivamente, nas fezes dos animais. Resultados diferentes dos obtidos neste estudo, foram apresentados por Mroz et al. (2000); Gralapp et al. (2002) e Keer et al. (2006) os quais afirmaram que o uso de maiores níveis de fibra não afetou a quantidade de nitrogênio presente nas fezes dos suínos, e os de Sutton et al. (1999), que obtiveram reduções nas quantidades de nitrogênio nas fezes dos animais com a inclusão de 5% de celulose na dieta.

Tabela 8. Equações de predição dos componentes das fezes de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis | Equação | R2 | Nível ótimo, % |
|----------------------|-------------------------------------|--------|----------------|
| SV, % ⁽¹⁾ | $0,3607x + 76,3690$ | 0,9988 | - |
| MM, % ⁽²⁾ | $-0,3964x + 24,2970$ | 0,9928 | - |
| Nitrogênio, % | $0,0225x + 2,8542$ | 0,7115 | - |
| Fósforo, % | $-0,0459x + 3,0699$ | 0,9625 | - |
| Cálcio, % | $-0,0632x + 3,4866$ | 0,9913 | - |
| Magnésio, % | $-0,0258x + 1,2244$ | 0,9507 | - |
| Potássio, % | $-0,0102x + 1,6462$ | 0,3926 | - |
| Sódio, % | $0,0012x^2 - 0,0509x + 0,8457$ | 0,9807 | 21,21 |
| Cobre, ppm | $1,2725x^2 - 68,2740x + 1199,5000$ | 0,9799 | 26,83 |
| Ferro, ppm | $2,1454x^2 - 121,6100x + 2359,7000$ | 0,9713 | 28,34 |
| Manganês, ppm | $-2,0709x + 150,6200$ | 0,9987 | - |

⁽¹⁾SV: sólidos voláteis; ⁽²⁾MM: matéria mineral.

Os diferentes níveis de fibra insolúvel nas dietas afetaram ($P<0,05$) as excreções dos nutrientes e dos minerais pelos animais durante a segunda fase de terminação (30 dias) (Tabela 9). A excreção de potássio elevou-se de forma linear

($P < 0,05$) nos animais conforme aumentaram os níveis de fibra insolúvel nas dietas. Efeitos quadráticos ($P < 0,05$) foram observados para a quantidade excretada de sólidos totais, sólidos voláteis, matéria mineral, sódio, zinco, cobre, ferro e manganês, todos apresentando menor excreção estimada em pontos próximos ao consumo de 20% de fibra dietética insolúvel. Os níveis calculados e as equações de predição das excreções em função das dietas encontram-se na Tabela 10.

Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Resíduos | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|------------------------|--------------------|---------|---------|---------|--------|---------|------------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| E-ST, g ⁽¹⁾ | 4761,28 | 4410,45 | 5252,85 | 8449,92 | 423,64 | 0,0012 | Quadrático |
| E-SV, g ⁽²⁾ | 4183,61 | 4343,34 | 4747,29 | 7937,93 | 414,54 | 0,0006 | Quadrático |
| E-MM, g ⁽³⁾ | 903,60 | 857,84 | 803,52 | 1242,86 | 54,50 | 0,0080 | Quadrático |
| E-Nitrogênio, g | 163,19 | 182,89 | 194,31 | 244,04 | 12,14 | 0,1480 | - |
| E-Fósforo, g | 123,40 | 117,44 | 110,65 | 155,87 | 6,51 | 0,0626 | - |
| E-Cálcio, g | 130,75 | 111,19 | 106,60 | 150,96 | 7,15 | 0,0818 | - |
| E-Magnésio, g | 44,70 | 34,98 | 32,31 | 44,51 | 2,22 | 0,0784 | - |
| E-Potássio, g | 72,81 | 76,15 | 74,60 | 117,90 | 6,35 | 0,0326 | Linear |
| E-Sódio, g | 17,73 | 14,65 | 17,67 | 34,46 | 1,79 | <0,0001 | Quadrático |
| E-Zinco, ppm | 0,20 | 0,16 | 0,16 | 0,22 | 0,01 | 0,0137 | Quadrático |
| E-Cobre, ppm | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,0428 | Quadrático |
| E-Ferro, ppm | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,00 | 0,0361 | Quadrático |
| E-Manganês, ppm | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,0034 | Quadrático |

⁽¹⁾E-ST: excreção de sólidos totais; ⁽²⁾E-SV: excreção de sólidos voláteis; ⁽³⁾E-MM: excreção de matéria mineral.

O aumento da excreção de potássio nas fezes pelos animais que consumiram as dietas com os maiores níveis de fibra insolúvel (30%) foi bastante significativo, 144,33%, quando comparada à excreção daqueles que consumiram a dieta controle que continha 15,5% de fibra insolúvel. As diferenças obtidas nas excreções de sólidos totais, sólidos voláteis, matéria mineral, sódio, zinco, cobre, ferro e manganês apresentaram o mesmo comportamento, foram reduzidas entre os animais controle e os que receberam 20% de FDI na dieta, e depois aumentaram.

A quantidade excretada de nitrogênio pode ser influenciada por alguns fatores, como a composição e digestibilidade das dietas, a quantidade de nitrogênio presente na dieta e a capacidade de retenção deste pelo animal (WILLIAMS, 1995;

ERIKSSON et al., 2005), a composição e a quantidade de fezes excretadas e o consumo de ração. No presente estudo, não houve efeito dos níveis de fibra insolúvel no consumo de ração pelos animais (Tabela 3) e, conseqüentemente, no consumo de nitrogênio (dietas isoproteicas). Verificou-se aumento no teor de nitrogênio presente nas fezes (Tabela 7), porém, mesmo assim, não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os animais na excreção de nitrogênio (Tabela 9).

Tabela 10. Equações de predição das excreções de resíduos (E), de suínos em terminação recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis | Equação | R2 | Nível ótimo, % |
|------------------------|---|--------|----------------|
| E-ST, g ⁽¹⁾ | $37,1950x^2 - 1445,2000x + 18281,0000$ | 0,9951 | 19,42 |
| E-SV, g ⁽²⁾ | $31,8840x^2 - 1209,10000x + 15399,0000$ | 0,9688 | 18,96 |
| E-MM, g ⁽³⁾ | $5,2187x^2 - 217,4300x + 3046,3000$ | 0,9049 | 20,83 |
| E-Potássio, g | $2,7872x + 22,3040$ | 0,6452 | - |
| E-Sódio, g | $0,2100x^2 - 8,4482x + 98,5970$ | 0,9909 | 20,11 |
| E-Zinco, ppm | $0,0011x^2 - 0,0477x + 0,6812$ | 0,9971 | 21,68 |
| E-Cobre, ppm | $0,0001x^2 - 0,0042x + 0,0604$ | 0,9396 | 21,00 |
| E-Ferro, ppm | $0,0003x^2 - 0,0142x + 0,1923$ | 0,8104 | 23,67 |
| E-Manganês, ppm | $0,0001x^2 - 0,0044x + 0,0521$ | 0,3727 | 22,00 |

⁽¹⁾E-ST: excreção de sólidos totais; ⁽²⁾E-SV: excreção de sólidos voláteis; ⁽³⁾E-MM: excreção de matéria mineral.

Em uma situação similar, porém antes da definição das frações solúvel e insolúvel das fibras, Cunningham et al. (1962), testaram um produto comercial composto apenas por celulose, em dietas para diferentes fases de suínos. O produto proporcionou em aumento de 15,70% na fibra bruta da dieta na fase de crescimento, o que dobrou a quantidade de nitrogênio excretada pelos animais que consumiram as dietas com característica mais fibrosa. Whiting e Bezeau (1957) também afirmaram que maiores quantidades de fibra bruta na dieta podem gerar maior excreção de nitrogênio nas fezes dos animais. Kerr et al. (2006) atribuíram a maior excreção de nitrogênio nas fezes, obtida com o uso de 2,5 e 8,7% de celulose na dieta, pela proteína microbiana e outros compostos não nitrogenados advindos da fermentação que ocorre no ceco dos animais.

CONCLUSÃO

A inclusão de até 30% de fibra insolúvel nas dietas não influencia as variáveis de desempenho, a taxa de passagem da digesta e o número de dias para atingir 130kg de peso vivo, de suínos em terminação. Porém afeta a composição das fezes e a excreção de minerais pelos animais, o que indica que mais estudos voltados à inclusão de fibras insolúveis nas dietas são necessários para que se tenha uma melhor avaliação desse efeito.

AGRADECIMENTOS

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Processo n°: 2012/10206-2.

Bolsa de estudos cedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS:

AOAC - **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY**. Official Methods of Analysis. 16ed. Arlington: Patricia Cunnif, 1995, 1025p.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; CARRILHO, E. N. V. M.; FEITOSA, J. V.; LOPES, A. D. Comparação de indicadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 987-996, 2005.

CHAMORRO, O.; SARMIENTO, L.; SANTOS, R. Productive performance of finishing pigs feed increasing levels of african star grass (*Cynodon nlemfuensis*) in the diet. **Pig News and Information**, v.18, p.143, 1997.

COOPER, P. H.; TYLER, C. Some effects of bran and cellulose on the water relationships in the digesta and faeces of pigs. I. The effects of including bran and two forms of cellulose in otherwise normal rations. **Journal of Agricultural Science**, v. 52, p.332-339, 1959.

CUNNINGHAM, H. M.; FRIEND, D. W.; NICHOLSON, J. W. G. The effect of age, body weight, feed intake and adaptability of pigs on the digestibility and nutritive value of cellulose. **Canadian Journal of Animal Science**, v.42, p. 167-175, 1962.

ERIKSSON, I. S.; ELMQUIST, H.; STERN, S.; NYBRANT, T. Environmental systems analysis of pig production: the impact of feed choice. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 10, p. 143–154, 2005.

GOMES, J. D. F.; FUKUSHIMA, R. S.; GOMIDE, C. A. Effects of increasing neutral detergent fiber (NDF) upon characteristics of performance, nutrient digestibility and intestinal morphology of gilts. In: Annual Meeting Abstracts: American Society Of Animal Science, 91.st, Indianápolis, U.S.A. Anais... v.77, n.268, p. 182, 1999.

GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; MARTELLI, M. R.; SOBRAL, P. J. A.; FUKUSHIMA, R.S. Desempenho e características de carcaça de suínos alimentados com dieta com feno de Tifton (*Cynodon dactylon*). **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, p.59-67, 2008.

GRALAPP, A. K.; POWERS, W. J.; FAUST, M. A.; BUNDY, D. S. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emissions from swine. **Journal Animal Science**, v. 80, p.1512–1519, 2002.

JUST, A. Nutritional manipulation and interpretation of body compositional differences in growing swine. **Journal Animal Science**, v. 58, p. 740-752, 1984.

KASS, M. L.; VAN SOEST, P. J.; POND, W. G. Utilization of dietary fiber from alfafa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. **Journal of Animal Science**, v.50, p.175-91, 1980.

KERR, B. J.; ZIEMER, C. J.; TRABUE, S. L.; CROUSE, J. D.; PARKIN, T. B. Manure composition of swine as affected by dietary protein and cellulose concentrations. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1584–1592, 2006.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117, 2003.

MROZ, Z.; MOESER, A. J.; VREMAN, K.; VAN DIEPEN, J. T. M.; VAN KEMPEN, T.; CANH, T. T.; JONGBLOED, A. W. Effects of dietary carbohydrates and buffering capacity on nutrient digestibility and manure characteristics in finishing pigs. **Journal Animal Science**, v. 78, n. 12, p. 3096–3106, 2000.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARYELD, B.; VAN KESSEL, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.843-852, 2006.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 3ed., 2011, 252p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p

SANTOS, T. M. B. **Balço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte**. 2001. 167 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002, 235p.

SUTTON, A. L.; KEPHART, K. B.; VERSTEGEN, M. W. A.; CANH, T. T.; HOBBS, P. J. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. **Journal Animal Science**, v. 77, p. 430–439, 1999.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v.44, n.2, p.282-287, 1977.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v.74, p.3583-3598, 1991.

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; SANTOS, V. M.; FRAGA, A. L.; PASCOAL, L. A. F.; SILVA, S. Z.; FARIA, H. G. Effect of inclusion of citrus pulp in the diet of finishing swine. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n.3, p.709-718, 2010.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.21-33, 2001.

WHITING, F.; BEZEAU, L. M. The metabolic fecal nitrogen excretion of the pig as influenced by the amount of fiber in the ration and by body weight. . **Canadian Journal of Animal Science**, v. 37, p. 95-105, 1957.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, H.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.54-62, 2007.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, P. H.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Sites of nutrient digestion in growing pigs: Effect of dietary fiber. **Journal Animal Science**, v. 85, p. 976-983, 2007.

WILLIAMS, P. E. W. Animal production and European pollution problems. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, p. 135–144, 1995.

CAPÍTULO 5 – NÍVEIS DE FIBRA DIETÉTICA INSOLÚVEL SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, A QUALIDADE DA CARNE E O PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE SUÍNOS ABATIDOS PESADOS

RESUMO – Objetivou-se avaliar dietas com níveis crescentes de fibra dietética insolúvel (celulose purificada) na alimentação de suínos abatidos pesados, com peso vivo médio de $133,30 \pm 11,59\text{kg}$, submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, sobre as características de carcaça (rendimento e comprimento de carcaça, espessura de toucinho média, área de olho de lombo, área de gordura, relação carne/gordura, peso e rendimento de pernil, quantidade e porcentagem de carne magra na carcaça), características qualitativas da carne (pH e temperatura a 45' e a 24h dos músculos *Semimembranosus* e *Longissimus dorsi*, capacidade de retenção de água, cor, perda por cocção e por gotejamento, força de cisalhamento, oxidação lipídica, lipídios totais e colesterol), o perfil de ácidos graxos da carne e, também, sobre o peso dos órgãos do sistema digestório. Foram utilizados 32 suínos, distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, em função do peso vivo inicial, sendo quatro dietas experimentais (tratamentos) e oito repetições. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle (com 15,5% de fibra dietética insolúvel) e outras três com adição de celulose purificada até atingirem os teores de 20, 25 e 30% de fibra insolúvel. Observou-se reduções lineares ($P < 0,05$) da espessura de toucinho média e da área de gordura com o incremento da fibra, e aumento na relação carne/gordura. Além disso, verificou-se efeito ($P < 0,05$) quadrático na perda por gotejamento e aumento ($P < 0,05$) linear para os ácidos pentadecanoico e heptadecanoico, e para o peso relativo do cólon dos animais. Conclui-se que é viável o uso de até 30% de fibra insolúvel nas dietas de suínos abatidos pesados e submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, tendo em vista que as características quantitativas e qualitativas das carcaças e da carne dos animais não são prejudicadas, observando-se, inclusive, efeitos benéficos na redução de gordura nas carcaças dos animais à medida em que os níveis de fibra insolúvel na dieta aumentaram.

Palavras-chave: área de gordura, espessura de toucinho, perfil de ácidos graxos

CHAPTER 5 – LEVELS OF INSOLUBLE FIBER ON THE CARCASS TRAITS, THE MEAT QUALITY AND THE WEIGHT OF THE DIGESTIVE TRACT ORGANS FROM PIGS SLAUGHTERED HEAVY

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate diets with growing levels of soluble dietetic fiber (purified cellulose) in the feeding of finishing swine slaughtered at average body weight of 133.30 ± 11.59 kg, in a qualitative feed restriction program, related with the carcass traits (carcass yield and length, backfat thickness, loin and fat area, meat and fat ratio, weight and yield of ham, lean meat quantity and percentage), the meat quality (pH and temperature in 45' and in 24h of the *semimembranosus* and *longissimus dorsi*, water hold capacity, meat color, cooking and drip loss, shear force, lipid oxidation, total lipids and cholesterol), the fatty acids profile of the meat and the digestive organs weights. In total 32 pigs, were assigned to four dietary treatments and eight replications in a randomized block design, to control the initial body weight differences. The treatments were a control diet (15.5% of insoluble dietetic fiber) and three diets with purified cellulose addition to achieve the levels of 20, 25 and 30% dietary soluble fiber. The insoluble fiber in the diet provided linear reductions ($P < 0.05$) to the backfat thickness and the fat area, and also provided increase ($P < 0.05$) to the relation of meat and fat in the carcass. Moreover there was a quadratic effect ($P < 0.05$) in the drip loss of the meat, and an increase in the stomach weight of the animals. In conclusion, the use of insoluble dietetic fiber until 30%, in the feeding of finishing swine slaughtered heavy in a qualitative feed restriction program, is recommended without restriction to the carcass traits and the meat quality, and observed benefits in the fat reduction of the carcass.

Keywords: backfat thickness, fat area, fatty acids profile

INTRODUÇÃO

O abate de suínos pesados, em torno de 120 ou 130kg de peso vivo, proporciona carcaças maiores que as tradicionais e maior quantidade de carne por animal abatido, além disso, essas carcaças, pelo tamanho diferenciado, dão origem a diferentes cortes, e a diversificação do produto. Além disso abate de suínos pesados proporciona diluição nos gastos com o animal na fase inicial de vida, a fase mais onerosa da suinocultura, e também com a linha de produção do frigorífico, afinal o mesmo animal gerará maior quantidade de produto final, ou seja, carne.

O problema encontrado para o abate desses animais é a maior deposição de gordura nas carcaças, pois, em um animal com maior peso, ocorre aumento no consumo de ração, enquanto sua deposição diária de proteína é constante (ALBAR et al., 1990; WHITTEMORE, 1993; ELLIS et al., 1996; LATORRE et al., 2004). 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). Uma técnica que proporciona o controle da ingestão calórica, de fácil implantação e que não gera prejuízo ao bem estar animal ou aumento da mão-de-obra na produção, é a restrição alimentar qualitativa, a qual, consiste na diluição da energia da dieta, por meio da inclusão de ingredientes fibrosos, e conseqüentemente, redução no consumo energético.

Para a viabilidade do uso desta técnica é interessante o uso de coprodutos das indústrias agrícolas, ingredientes geralmente de baixo custo e características fibrosas. O conhecimento da composição do ingrediente escolhido se faz necessário para que este possa ser incluído na dieta na quantidade ideal, que proporcione a restrição no consumo energético, mas também minimize os prejuízos gerados pela presença da fibra sobre a digestibilidade da dieta.

As formas e magnitudes com as quais a presença e a quantidade da fibra interfere na digestão dos alimentos pelos suínos dependem das suas diferentes características. É difícil padronizar a inclusão de ingredientes fibrosos nas dietas de suínos, devido à variada composição em fibras destes produtos, que nem sempre têm as mesmas características e, conseqüentemente, apresentam diferentes efeitos

na nutrição do animal e no produto final. Assim, torna-se importante identificar, no animal, quais os efeitos quando se fornece dietas com diferentes níveis de fibra insolúvel, porém proveniente de fonte purificada, como é o caso da celulose purificada nas dietas de suínos abatidos pesados e submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa, analisando-se as características de carcaça, a qualidade da carne, o perfil de ácidos graxos do músculo e o peso dos órgãos do sistema digestório.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalações, animais e dietas experimentais

O ensaio foi conduzido nas instalações experimentais do Laboratório de Pesquisas em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Utilizou-se 32 suínos, machos castrados de linhagem comercial, com peso inicial médio de $78,53 \pm 11,02$ kg e distribuídos nos tratamentos experimentais segundo o delineamento em blocos ao acaso, formados de acordo com o peso inicial, com quatro dietas experimentais (tratamentos) e oito repetições, com um animal constituindo a unidade experimental. Os animais foram alojados em baias individuais com $2,55 \text{ m}^2$ cada, equipadas com comedouros semiautomáticos e bebedouros do tipo chupeta. Inicialmente os animais foram submetidos a um período de 5 dias de adaptação às instalações e dietas, recebendo duas refeições diárias, às 8h e às 17h. Após o período de adaptação, iniciou-se o ensaio de desempenho, com os animais recebendo as dietas pré-determinadas *ad libitum*, até atingirem $133,30 \pm 11,59$ kg de peso, quando foram abatidos.

As dietas foram formuladas para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2011), para suínos de alto potencial genético, de acordo com o conceito da proteína ideal, em duas fases, sendo: 1- dos $78,53 \pm 11,02$ aos $106,06 \pm 10,68$ kg de peso vivo e 2- dos $106,06 \pm 10,68$ aos $133,30 \pm 11,59$ kg de peso vivo, que consistiram do 1° ao 28° e do 29° ao 58° dia de experimento (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel

| Dietas Experimentais⁽¹⁾ | | | | |
|--|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Ingredientes, % | Controle | FI 20 | FI 25 | FI 30 |
| Milho | 80,74 | 74,32 | 69,22 | 63,18 |
| Farelo de soja, 45% | 15,00 | 17,00 | 17,00 | 18,00 |
| Óleo de soja | 0,66 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Sal comum | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| Fosfato bicálcico | 1,31 | 1,31 | 1,33 | 1,34 |
| Calcário | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,32 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina HCl. 78% | 0,28 | 0,34 | 0,35 | 0,34 |
| L-Treonina, 98% | 0,13 | 0,12 | 0,13 | 0,13 |
| DL-Metionina, 99% | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 |
| L-Triptofano, 98% | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| ARBOCEL® ⁽³⁾ | - | 4,64 | 9,69 | 14,74 |
| Inerte | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.230 | 3.076 | 2.927 | 2.776 |
| %redução EM | 0,00 | 4,77 | 9,38 | 14,06 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,40 | 1,35 | 1,30 | 1,28 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 19,10 | 24,31 | 28,73 |
| Cálcio, % | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 |
| Cloro, % | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,26 |
| Fósforo disponível, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Lisina dig., % | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| Metionina+cistina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,53 | 0,51 | 0,51 |
| Proteína bruta, % ⁽⁵⁾ | 14,16 | 14,56 | 14,26 | 14,29 |
| Sódio, % | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Treonina dig., % | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,56 |
| Triptofano dig., % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |

⁽¹⁾DC: dieta controle; FI20, FI25 e FI30: 20, 25 e 30% de fibra dietética insolúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾ ARBOCEL®, J. Rettenmaier Latinoamericana Ltda.; ⁽⁴⁾ Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo diferentes níveis de fibra dietética insolúvel

| Ingredientes, % | Dietas Experimentais ⁽¹⁾ | | | |
|--|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| | Controle | FI 20% | FI 25% | FI 30% |
| Milho | 81,49 | 75,16 | 69,18 | 63,22 |
| Farelo de soja, 45% | 14,70 | 15,64 | 16,57 | 17,48 |
| Óleo de soja | 0,50 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Sal comum | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,34 |
| Fosfato bicálcico | 1,16 | 1,18 | 1,19 | 1,20 |
| Calcário | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,31 |
| Pré-mistura vitamínico-mineral ⁽²⁾ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| L-Lisina HCl. 78% | 0,29 | 0,28 | 0,26 | 0,25 |
| L-Treonina, 98% | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| DL-Metionina, 99% | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| L-Triptofano, 98% | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| ARBOCEL ^{®(3)} | - | 5,48 | 10,53 | 15,58 |
| Celite 545 [®] | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Inerte | - | - | - | - |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Valores calculados e analisados ⁽⁴⁾ | | | | |
| Energia metabolizável, kcal/kg ⁽⁵⁾ | 3.229 | 3.067 | 2.910 | 2.758 |
| %redução EM | 0,00 | 5,24 | 9,92 | 14,60 |
| Fibra dietética solúvel, % ⁽⁵⁾ | 1,43 | 1,31 | 1,28 | 1,26 |
| Fibra dietética insolúvel, % ⁽⁵⁾ | 15,58 | 19,56 | 24,17 | 29,65 |
| Cálcio, % | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| Cloro, % | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Fósforo disponível, % | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| Lisina dig., % | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| Metionina+cistina dig., % | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| Potássio, % | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Proteína bruta, % ⁽⁵⁾ | 13,92 | 13,91 | 13,92 | 13,92 |
| Sódio, % | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Treonina dig., % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Triptofano dig., % | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |

⁽¹⁾DC: dieta controle; FI20, FI25 e FI30: 20, 25 e 30% de fibra dietética insolúvel; ⁽²⁾Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ⁽³⁾ ARBOCEL[®], J. Rettenmaier Latinoamericana Ltda.; ⁽⁴⁾ Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁽⁵⁾Valores analisados.

Para obtenção dos teores de fibras insolúveis nas dietas foi adicionada celulose com 99,50% de fibra insolúvel em sua composição (ARBOCEL®, J. Rettenmaier Latinoamericana Ltda.), na quantidade necessária, levando-se em consideração as fibras já presentes nos ingredientes que foram utilizados na formulação das dietas. Os tratamentos experimentais foram:

- DC - Dieta controle, composta principalmente por milho e farelo de soja, contendo 15,5% de fibra insolúvel;
- D 20FI - Dieta com adição de celulose purificada até atingir 20% de fibra insolúvel;
- D 25FI - Dieta com adição de celulose purificada até atingir 25% de fibra insolúvel e;
- D 30FI - Dieta com adição de celulose purificada até atingir 30% de fibra insolúvel.

Manejo e abate dos animais

O experimento teve duração de 58 dias, e o abate ocorreu no dia seguinte à última pesagem, quando os suínos apresentaram peso médio de $133,30 \pm 11,59$ kg, seguindo as normas do abate humanitário para suínos (RSPCA, 2010). Os animais foram submetidos a jejum sólido por 15 h e no momento do abate foram atordoados, por meio de descarga elétrica, seguida pelos procedimentos de sangria, depilação e evisceração.

Características de carcaça

Após a retirada das vísceras, as carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e pesadas. Relacionando-se o peso das meias carcaças com o peso vivo após o jejum, obteve-se o rendimento de carcaça. Em seguida, as meias carcaças foram levadas à câmara fria, em temperatura de refrigeração (4 °C), permanecendo por 24 horas, quando então foram avaliadas. Seguindo o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973), na meia carcaça de cada animal foram realizadas as seguintes medidas: comprimento da carcaça, espessura média de toucinho (resultante das espessuras de toucinho na altura das primeira e última vértebras torácicas e última vértebra lombar), peso e rendimento de pernil, área de olho de lombo, área de gordura e relação carne/gordura (obtida por meio da divisão da área de olho de lombo pela área de gordura).

Foram também realizadas as seguintes mensurações: peso da carcaça quente (PCQ), espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), obtidas entre a última e a penúltima costelas, a seis centímetros da linha dorsal média, sendo estas duas últimas medidas tomadas na meia carcaça direita resfriada, com auxílio de um paquímetro, de modo a simular a leitura efetuada com a pistola de tipificação. Com os valores de PCQ, ET e PL foram, então, calculadas a quantidade de carne magra (QCM) e a porcentagem de carne magra (%CM), de acordo com as seguintes equações propostas por GUIDONI (2000):

$$\text{QCM} = 7,38 - 0,48 \times \text{ET} + 0,059 \times \text{PL} + 0,525 \times \text{PCQ}$$

$$\% \text{CM} = 65,92 - 0,685 \times \text{ET} + 0,094 \times \text{PL} - 0,026 \times \text{PCQ}$$

Qualidade da carne

Decorridos 45 minutos do abate, foi mensurado o pH (pH 45') e a temperatura (T 45') nos músculos *Longissimus* e *Semimembranosus* da meia carcaça direita de cada animal, sendo estas medidas novamente realizadas, nos mesmos loCIAs, após 24 horas (pH 24h) (T 24h) com as carcaças mantidas sob refrigeração (4 °C). Da meia carcaça direita de cada animal, foi colhida uma amostra de, aproximadamente, 15 cm do músculo *Longissimus dorsi*, sendo retirada a camada de gordura adjacente ao músculo. Esta foi levada ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da FCAV – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, onde foram realizadas as análises físicas da carne. Para medir a capacidade de retenção de água da carne crua, amostras de aproximadamente 2g foram dispostas entre duas folhas de papel filtro e submetidas à pressão exercida por um peso de 10kg durante 5 minutos (HAMM, 1986), pesando novamente as amostras, sendo expressas em porcentagem.

Na determinação da coloração, cortes de aproximadamente 2cm de espessura foram obtidos do músculo *Longissimus dorsi*, que foram expostos ao ar por 40 minutos para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico (SHIMOKOMAKI, 2003). As medidas de coloração foram obtidas com o aparelho da marca MINOLTA, operado no sistema CIE, encontrando valores de L* (indicação de luminosidade), a* (indicação do teor de vermelho) e b* (indicação do teor de amarelo) da carne. Em seguida, os cortes foram levados ao forno pré-aquecido (170

°C) até atingirem a temperatura, no centro geométrico da amostra, de 70 °C, determinando-se as perdas por cocção (perdas evaporativas, por gotejamento e total), expressas em porcentagem. Após a cocção, as amostras foram cortadas na forma cilíndrica e submetidas ao aparelho TEXTURE ANALYZER TA-XT-125, para mensuração da força de cisalhamento, expressa em kgf/cm² (LYON et al., 1998).

Para avaliar as perdas de água por gotejamento, amostras de aproximadamente 110g, livres de gordura, foram suspensas em redes de nylon seladas, dentro de sacos plásticos e assim permanecendo em câmara fria, à temperatura de 4 °C por 48 horas. A perda de água por gotejamento foi calculada pela diferença entre os pesos inicial e final da amostra, sendo expressa em porcentagem (BOCCARD et al., 1981). A análise de oxidação lipídica foi realizada por meio de análise comparativa, observando a reatividade de substâncias com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), em amostras armazenadas nos dias 1 e 8 após o abate, sob temperatura de refrigeração, de acordo com o método descrito por Pikul et al. (1989). O teor de colesterol foi determinado por colorimetria, de acordo com Bohac et al. (1988), adaptado por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1995).

Análise do perfil de ácidos graxos da carne

Para a análise de ácidos graxos, foram realizadas extrações lipídicas por solubilização em clorofórmio-metanol (2:1), sendo determinado o conteúdo de lipídios totais (BLIGH; DYER, 1959), após secagem do extrato. Os extratos concentrados de lipídios obtidos em rotoevaporador (60 °C), foram processados, sendo realizada a esterificação dos ácidos graxos (BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002). Os extratos esterificados foram levados ao Laboratório de Bioquímica de Microrganismos de Plantas do Departamento de Tecnologia da FCAV - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, para determinação do perfil de ácidos graxos, por meio de cromatografia gasosa.

Pesos dos órgãos do sistema digestório

Logo após o abate e evisceração dos animais, os órgãos do sistema digestório foram separados. Foram feitas as pesagens do estômago, intestino delgado, ceco e cólon vazios, e também do fígado sem a vesícula e pâncreas,

conforme descrito por Pond et al. (1988), possibilitando as determinações dos pesos absolutos e relativos destes órgãos, em relação aos pesos das carcaças quentes

Delineamento experimental e análises estatísticas

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, para controlar diferenças no peso inicial, com quatro dietas experimentais (tratamentos), e oito repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Model) do programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) e em caso de significância (5%) foram realizadas análises de regressão linear e polinomial quadrática, com a finalidade de verificar efeitos quanto aos níveis utilizados de fibra dietética insolúvel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as características de carcaça avaliadas (Tabela 3), apenas observou-se redução linear ($P < 0,05$) para a espessura de toucinho média (ETm) e área de gordura (AG), conforme aumentaram os níveis de fibra insolúvel nas dietas. Observou-se, também, efeito linear ($P < 0,05$), porém, crescente, para a relação carne/gordura (CG), aumentando em 31,29% entre o menor e o maior nível de fibra insolúvel nas dietas. As outras características de carcaça avaliadas não foram afetadas ($P > 0,05$) pelas diferentes dietas. Este resultado foi positivo, pois, obteve-se o mesmo rendimento de carcaça, porém, com melhor qualidade, tendo em vista que houve reduções de 21,17 e 19,82% na ETm e AG, respectivamente, à medida em que aumentaram os níveis de fibra insolúvel nas dietas.

Atualmente, o consumidor tem buscado menor quantidade de gordura nas carnes em geral, especialmente na carne suína, que erroneamente é, muitas vezes, associada a excesso de colesterol. As variáveis ETm, AG e relação CG são as que mais representam a qualidade da carcaça, e pelos efeitos que os níveis estudados da fibra insolúvel nas dietas proporcionaram nessas características, o uso desta mostrou-se positivo quando a intenção é obter um produto com melhor qualidade

final, e que além disso, muitas vezes, essas carcaças podem ser bonificadas no frigorífico, proporcionando maior lucro ao produtor. As equações de predição para estas características encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das características de carcaça de suínos abatidos pesados, em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|--------------------------|--------------------|--------|--------|--------|------|--------|--------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| PF, kg | 136,18 | 132,38 | 131,83 | 130,97 | 2,23 | 0,7351 | - |
| RC, % | 80,83 | 80,54 | 79,72 | 79,14 | 0,76 | 0,1448 | - |
| CC, cm | 101,53 | 101,94 | 102,43 | 101,77 | 0,52 | 0,9515 | - |
| ETm, mm | 33,97 | 31,62 | 32,16 | 26,78 | 0,90 | 0,0248 | Linear |
| AOL, cm ² | 44,14 | 39,14 | 43,14 | 45,43 | 1,36 | 0,4544 | - |
| AG, cm ² | 28,86 | 33,86 | 23,29 | 23,14 | 1,48 | 0,0025 | Linear |
| CG | 1,63 | 1,16 | 1,97 | 2,14 | 0,12 | 0,0042 | Linear |
| PP, kg | 15,76 | 14,83 | 15,41 | 14,89 | 0,26 | 0,5314 | - |
| RP, % | 29,22 | 27,93 | 30,75 | 29,04 | 0,55 | 0,3234 | - |
| QCM, kg | 61,08 | 57,67 | 55,60 | 58,37 | 1,18 | 0,3799 | - |
| %CM, % | 55,53 | 54,53 | 56,11 | 57,39 | 0,75 | 0,3011 | - |

⁽¹⁾ PF - Peso final; RC - Rendimento de carcaça; CC - Comprimento de carcaça; ETm - Espessura de toucinho média; AOL - Área de olho de lombo; AG - Área de gordura; CG - Relação carne/gordura; PP - Peso de pernil; RP - Rendimento de pernil; QCM - Quantidade de carne magra na carcaça e %CM - Porcentagem de carne magra na carcaça.

Tabela 4. Equações de predição das características de carcaça apresentadas na Tabela 3, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|--------------------------|----------------------|----------------|----------------|
| ETm, mm | $-0,4347x + 40,9670$ | 0,7860 | - |
| AG, cm ² | $-0,5824x + 40,644$ | 0,5062 | - |
| CG | $0,0493x + 0,6095$ | 0,5104 | - |

⁽¹⁾ ETm - Espessura de toucinho média; AG - Área de gordura e CG - Relação carne/gordura.

Muito antes das tecnologias e conhecimentos atuais, Baker et al. (1968) testaram a diluição energética das dietas de suínos em terminação com areia ou celulose e também não notaram efeito destas dietas sobre o peso final e o rendimento de carcaça dos animais. Fraga et al. (2008) testaram níveis crescentes de casca de arroz (ingrediente rico em celulose), e também observaram redução da espessura de toucinho das carcaças dos animais abatidos pesados, sem que houvesse prejuízo no rendimento destas.

Segundo Oliveira et al. (2002) a casca de café, tanto seca como melosa, pode ser usada como ingrediente alternativo para suínos, tanto em crescimento como em terminação, embora apresente altos teores de fibra, principalmente de característica insolúvel, o que pode limitar a quantidade a ser utilizada. Os autores observaram redução nas medidas da espessura de toucinho, porcentagem de gordura e aumento nas porcentagens de carne, porcentagens de cortes magros e relação carne/gordura, quando testaram níveis crescentes de casca de café melosa na dieta de suínos em terminação, que, conseqüentemente, possuíam maior porcentagem de fibras, bruta e FDN, e menor quantidade de energia. Resultados semelhantes aos observados neste estudo, foram verificados por Parra et al. (2008) que também notaram menores valores de espessura de toucinho dos animais que consumiram maiores quantidades de casca de café melosa.

No estudo das características qualitativas da carne de suínos abatidos pesados, em função das dietas com diferentes níveis de fibra insolúvel (Tabela 5), observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para perdas por gotejamento (PPG) do músculo *Longissimus dorsi*, com nível mínimo estimado com a inclusão de 21,88% de fibra insolúvel na dieta. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para as demais características avaliadas. A equação de predição encontra-se na Tabela 6.

A perda de água por gotejamento (PPG) é a exsudação de um fluído, composto por água e proteína, de um corte da carne, sem ação de qualquer outra força a não ser a gravidade (RAMOS e GOMIDE, 2007). Esta pode ser influenciada pelo tamanho e tipo de fibra que compõem o músculo, além, do pH, temperatura e velocidade em que aconteceu o *rigor mortis*. Uma alta perda por gotejamento e/ou cocção significa baixa capacidade de retenção de água, e este é um fator indesejado, pois, a perda de peso da carne causada por estas características, durante o armazenamento e separação dos cortes pode causar grandes prejuízos à indústria (FISCHER, 2007).

Em geral, o uso de dietas com maiores níveis de fibra não têm mostrado prejuízo para as características que definem a qualidade da carne de suínos pesados (Rosenvold et al., 2001; Fortin et al., 2003; Fraga et al., 2009b; Watanabe et al., 2010) porém, neste estudo, foi possível observar menor perda por gotejamento ao nível de 21,88% de fibra insolúvel na dieta, o que seria interessante,

do ponto de vista das perdas econômicas que elevados valores desta característica podem proporcionar.

Tabela 5. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) das características qualitativas da carne de suínos pesados, em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|----------------------------|--------------------|-------|-------|-------|------|--------|------------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| <i>Semimembranosus</i> | | | | | | | |
| pH 45' | 5,61 | 5,85 | 5,92 | 5,89 | 0,07 | 0,3664 | - |
| T 45', °C | 35,80 | 32,26 | 35,79 | 35,57 | 0,32 | 0,9348 | - |
| pH 24h | 5,67 | 5,83 | 5,73 | 5,76 | 0,06 | 0,5599 | - |
| T 24h, °C | 6,44 | 6,39 | 8,17 | 6,84 | 0,42 | 0,4437 | - |
| <i>Longissimus dorsi</i> | | | | | | | |
| pH 45' | 5,24 | 5,69 | 5,80 | 5,65 | 0,08 | 0,0635 | - |
| T 45', °C | 33,24 | 32,57 | 33,13 | 33,31 | 0,38 | 0,9157 | - |
| pH 24h | 5,27 | 5,29 | 5,42 | 5,32 | 0,05 | 0,4214 | - |
| T 24h, °C | 6,31 | 6,50 | 7,29 | 5,68 | 0,50 | 0,8009 | - |
| CRA, % | 70,84 | 72,40 | 69,92 | 73,65 | 0,95 | 0,5900 | - |
| L* | 55,60 | 55,12 | 55,19 | 53,19 | 0,85 | 0,7735 | - |
| a* | 10,97 | 7,77 | 8,74 | 8,69 | 0,39 | 0,2177 | - |
| b* | 8,00 | 6,37 | 6,83 | 6,76 | 0,41 | 0,6316 | - |
| PPC, % | 29,29 | 26,71 | 27,44 | 27,26 | 0,75 | 0,6790 | - |
| FC, kgF/cm ² | 2,56 | 2,22 | 2,22 | 3,12 | 0,13 | 0,0550 | - |
| PPG, % | 8,88 | 6,07 | 7,19 | 10,16 | 0,49 | 0,0047 | Quadrática |
| Oxidação lipídica, mgTMP/g | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,26 | 0,02 | 0,7456 | - |
| Lipídios totais, % | 8,81 | 9,30 | 7,73 | 8,82 | 0,43 | 0,6467 | - |
| Colesterol, mg/100g | 26,33 | 28,55 | 26,07 | 28,00 | 0,89 | 0,6802 | - |

⁽¹⁾ CRA - Capacidade de retenção de água; L* - Luminosidade; a* - Teor de vermelho; b* - teor de amarelo; PPC - perda por cocção; FC - força de cisalhamento; PPG - perda por gotejamento.

Segundo Fernandez et al. (1999), a quantidade de lipídios totais está relacionada com a gordura intramuscular e este é considerado um fator de determinação das características sensoriais do produto. No presente estudo não foi observado efeito das dietas sobre esta característica, o que reforça a possibilidade de uso de maiores níveis de fibra dietética insolúvel sem prejuízo sobre as características sensoriais exigidas pelos consumidores. Fraga et al. (2009b) testaram a restrição alimentar com o uso de casca de arroz, e também não

encontraram efeitos dos tratamentos na quantidade de lipídios presentes na carne dos animais abatidos pesados.

Para a carne ser considerada normal, PSE (pálida, mole e exsudativa) ou DFD (escura, dura e seca), alguns fatores de qualidade devem ser avaliados conjuntamente, como o pH inicial e final, a luminosidade e a perda por gotejamento, cada um desses fatores isoladamente pode não ser suficiente para classificar uma carne (RAMOS e GOMIDE, 2007). Segundo NPPC (2001), uma carne PSE apresenta pH final igual ou menor que 5,8, associado à luminosidade maior que 53 e à perda por gotejamento maior que 5%, determinam características relacionadas a este tipo carne. Bridi e Silva (2007), associam os valores similares para a definição de carne PSE que são: o pH final deve ser inferior a 5,6, a luminosidade maior que 50 e a perda por gotejamento maior que 5%. Levando em consideração as informações citadas acima, os valores obtidos nesse estudo referem-se a carne PSE, sem sofrer influência ($P > 0,05$) das dietas experimentais.

A carne PSE é relatada como a principal anomalia da carne suína. Esta pode ser resultado da elevação da taxa glicolítica, imediatamente antes e logo após o abate, o que acarreta maior concentração de ácido lático e decréscimo acelerado do pH muscular. A combinação do pH baixo e elevada temperatura da carcaça levam à maior desnaturação de proteínas miofibrilares com conseqüente redução em sua capacidade de retenção de água (CALDARA et al., 2012). Fatores envolvidos no período pré-abate podem influenciar, negativamente, o bem-estar do suíno e, conseqüentemente, sua qualidade da carne (PÉREZ et al., 2002; COSTA et al., 2009), o que aumenta de forma significativa a incidência de carne PSE.

Tabela 6. Equações de predição das características qualitativas da carne, apresentadas na Tabela 5, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Variáveis ⁽¹⁾ | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|--------------------------|---------------------------------|----------------|----------------|
| PPG | $0,0615x^2 - 2,6914x + 35,6860$ | 0,9684 | 21,88 |

⁽¹⁾ PPG - perda por gotejamento.

Para a composição em ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 7), observou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) para os ácidos pentadecanoico e heptadecanoico o que demonstrou que à medida em que aumentaram os níveis de

fibra insolúvel nas dietas, elevaram-se os teores destes ácidos. As equações de predição encontram-se na Tabela 8.

Tabela 7. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos abatidos pesados, recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Ácidos graxos, % | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| Cáprico | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,00 | 0,1110 | - |
| Laurico | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,00 | 0,4358 | - |
| Mirístico | 1,38 | 1,48 | 1,37 | 1,41 | 0,02 | 0,2787 | - |
| Miristoleico | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,1700 | - |
| Pentadecanoico | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,0262 | Linear |
| Palmítico | 26,88 | 27,90 | 27,01 | 27,08 | 0,15 | 0,0757 | - |
| Palmitoleico | 3,07 | 3,68 | 3,47 | 3,50 | 0,10 | 0,1925 | - |
| Heptadecanoico | 0,16 | 0,14 | 0,21 | 0,18 | 0,01 | 0,0006 | Linear |
| Heptadecenoico | 0,21 | 0,19 | 0,23 | 0,21 | 0,01 | 0,4956 | - |
| Estearico | 13,22 | 12,46 | 12,54 | 12,19 | 0,21 | 0,3790 | - |
| Oleico | 43,92 | 43,48 | 44,09 | 45,21 | 0,31 | 0,2687 | - |
| Cis-vacênico | 3,59 | 3,96 | 3,76 | 3,99 | 0,10 | 0,4116 | - |
| Linoleico | 5,36 | 4,62 | 5,10 | 4,15 | 0,25 | 0,3877 | - |
| γ linolênico* | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,0783 | - |
| α linolênico* | 0,16 | 0,13 | 0,14 | 0,12 | 0,01 | 0,5645 | - |
| Linoleico conjugado (CLA)* | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 0,2425 | - |
| Araquídico | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,17 | 0,00 | 0,3688 | - |
| Eicosenoico | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,0765 | - |
| Eicosadienoico* | 0,20 | 0,16 | 0,17 | 0,16 | 0,01 | 0,4532 | - |
| Eicosatrienoico (cis - 8, 11, 14) | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,01 | 0,7348 | - |
| Araquidônico | 0,30 | 0,38 | 0,49 | 0,27 | 0,04 | 0,3833 | - |
| Eicosatrienoico (cis - 11, 14,17)* | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,6626 | - |
| Eicosapentaenoico (EPA)* | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,4434 | - |
| Docosatetraenoico (DTA)* | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,06 | 0,01 | 0,6219 | - |
| Nervônico* | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,5235 | - |
| Docosaheptaenoico (DHA)* | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,1700 | - |

*Análise de variância com base em dados transformados por $y=\log(y+1,5)$.

Tabela 8. Equações de predição dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* apresentados na Tabela 9, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| Ácidos graxos | Equação | R ² | Nível ótimo |
|----------------|--------------------|----------------|-------------|
| Pentadecanoico | $0,0006x + 0,0138$ | 0,5751 | - |
| Heptadecanoico | $0,0027+0,1112$ | 0,3227 | - |

A composição de ácidos graxos da carne está relacionada a diversos aspectos de qualidade deste produto. Segundo Ramos e Gomide (2007) de forma indireta e menos intensa a gordura da carne, principalmente os lipídios intramusculares influenciam o grau de maciez da carne, além de conter vários componentes importantes que afetam o sabor. A cor da carne também pode ser influenciada pelas diferentes quantidades de ácidos graxos na gordura intramuscular do animal (WOOD et al., 2003). Devido à ausência de diferença nos resultados apresentados na Tabela 5, pode-se afirmar, que os dois ácidos graxos afetados pelos tratamentos, neste estudo, não são de relevante importância na qualidade do produto.

Fraga et al. (2009b) também não verificaram efeito das dietas no perfil de ácidos graxos da carne de suínos abatidos pesados quando testaram diferentes níveis de casca de arroz (ingrediente fibroso de característica insolúvel) e devido a isso, concluíram a viabilidade do programa de restrição qualitativa em relação a qualidade da gordura da carne dos animais.

Para os pesos absolutos e relativos dos órgãos do sistema digestório, observou-se, apenas, efeito ($P < 0,05$) linear crescente para o peso relativo do cólon, na ordem de 41,03% entre o menor e o maior nível de fibra insolúvel nas dietas. A equação de predição encontra-se na Tabela 10. Segundo Dierick et al. (1989), o consumo de alimentos com elevados teores de fibra dietética, independente da sua fração, pode levar ao aumento no tamanho dos órgãos do sistema digestório, o que, de modo geral, não foi observado no presente estudo. Esta ausência de efeitos sobre os pesos dos órgãos foi confirmada pelo rendimento de carcaça, que não foi afetado pelas diferentes dietas experimentais (Tabela 3).

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 insolúvel, enquanto o ceco é o principal ponto de degradação das fibras contendo maior

conteúdo da fração solúvel. Assim, ingredientes que apresentem fibras solúveis tenderão a desenvolver o ceco, enquanto que ingredientes ricos em fibra insolúvel não proporcionam esse efeito, e sim podem promover aumento no peso do cólon, como foi observado neste estudo, com as inclusões de maiores níveis de fibra insolúvel nas dietas dos animais em restrição alimentar qualitativa, além, da ausência de efeitos dos tratamentos no peso do ceco dos animais.

Tabela 9. Valores médios, erro padrão da média (EPM) e probabilidades (P) obtidas para o peso dos órgãos do sistema digestório em função das dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| | Fibra Insolúvel, % | | | | EPM | P | Efeito |
|--------------------------|--------------------|------|------|------|------|--------|--------|
| | 15,5 | 20,0 | 25,0 | 30,0 | | | |
| Peso absoluto, kg | | | | | | | |
| Estômago | 0,49 | 0,51 | 0,55 | 0,55 | 0,01 | 0,0977 | - |
| Intestino delgado | 1,60 | 1,48 | 1,67 | 1,47 | 0,05 | 0,1694 | - |
| Ceco | 0,20 | 0,22 | 0,20 | 0,21 | 0,01 | 0,6448 | - |
| Cólon | 1,30 | 1,44 | 1,58 | 1,72 | 0,06 | 0,0750 | - |
| Fígado | 1,90 | 1,70 | 1,80 | 1,78 | 0,05 | 0,3762 | - |
| Pâncreas | 0,16 | 0,15 | 0,17 | 0,16 | 0,01 | 0,7362 | - |
| Peso relativo, % | | | | | | | |
| Estômago | 0,47 | 0,49 | 0,54 | 0,53 | 0,01 | 0,0939 | - |
| Intestino delgado | 1,45 | 1,31 | 1,60 | 1,34 | 0,05 | 0,0018 | - |
| Ceco | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,01 | 0,5497 | - |
| Cólon | 1,17 | 1,35 | 1,52 | 1,65 | 0,05 | 0,0063 | Linear |
| Fígado | 1,73 | 1,62 | 1,74 | 1,66 | 0,03 | 0,7578 | - |
| Pâncreas | 0,14 | 0,14 | 0,17 | 0,15 | 0,01 | 0,2293 | - |

Tabela 10. Equações de predição do peso dos órgãos do sistema digestório apresentados na Tabela 9, de suínos recebendo dietas contendo diferentes níveis de fibra insolúvel

| | Equação | R ² | Nível ótimo, % |
|----------------------|------------------|----------------|----------------|
| Peso relativo | | | |
| Cólon | 0,0331x + 0,6730 | 0,9914 | - |

Diferentemente deste estudo, Fraga et al. (2009a) que utilizaram diferentes níveis de casca de arroz nas dietas de suínos em terminação e Pond et al. (1988), que testaram feno de alfafa, observaram aumento nos pesos do estômago e

justificaram estes resultados devido à menor densidade dos ingredientes e, portanto, ao maior volume das dietas. Porém, os resultados obtidos neste estudo concordaram com os obtidos anteriormente por Oliveira et al. (2001), que não observaram diferenças no peso do estômago dos animais quando alimentaram suínos em terminação com casca de café.

O pâncreas, está relacionado com a digestão dos compostos proteicos, portanto (NELSON; COX, 2012), maiores níveis de fibra insolúvel nas dietas não proporcionaram efeitos nos seus pesos, pois, as dietas foram formuladas para serem isoproteicas.

CONCLUSÃO

Tendo em vista que as características quantitativas e qualitativas das carcaças e da carne não são prejudicadas, observando-se, inclusive, efeitos benéficos na redução de gordura nas carcaças à medida em que os níveis de fibra insolúvel na dieta aumentaram, é viável o uso de até 30% de fibra insolúvel nas dietas de suínos abatidos pesados e submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa.

AGRADECIMENTOS

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Processo n°: 2012/10206-2.

Bolsa de estudos cedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Estrela: ABCS, 1973. 17p. (Publicação Técnica n° 2)

ALBAR, J.; LATIMIER, P.; GRANIER, R. Poids d'abattage: évolution des performances d'engraissement et de carcasse des porcs abattus au delà de 100 kg. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 22, p. 119–132, 1990.

BAKER, D. H.; BECKER, D. E.; JENSEN, A. H.; HARMON, B. G. Effect of dietary dilution on performance of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.27, n5, p.1332-1335, 1968.

BELLAVER, C. Qualidade da carcaça relacionada à restrição alimentar. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. **Anais...**Campinas: CBNA, p. 21-33, 1995.

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.

BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. **Livestock Production Science**, v.8, n.3, p.385-397, 1981.

BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R.; ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, v.53, p.1642, 1988.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.1, p.11-17, 1995.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, p.98-104, 2002.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 97p, 2007.

CALDARA, F. R.; SANTOS, V. M. O.; SANTIAGO, J. C.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; GARCIA, R. G.; VARGAS JUNIOR, F. M.; SANTOS, L. S.; NÄÄS, I. A. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.815-824, 2012.

COSTA, O. A. D.; LUDKE, J. V.; COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; COSTA, M. J. R. P.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J. V.; ROZA, D. D. Efeito do manejo pré-abate sobre alguns parâmetros fisiológicos em fêmeas suínas pesadas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.852-858, 2009.

DIERICK, N. A.; VERVAEKE, I. J.; DEMEYER, D. I.; DECUYPERE, J. A. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.141-167, 1989.

ELLIS, M.; WEBB, A. J.; AVERY, P. J.; BROWN, I. 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**, v. 62, p. 521–530, 1996.

FERNANDEZ, X.; MONIN, G.; TALMANT, A.; MOUROT, J.; LEBRET, B. 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**, v.53, p.59-65, 1999.

FISCHER, K. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. **Journal Animal Breeding and Genetics**, v.124, n.1, p. 12–18, 2007.

FORTIN, A.; ROBERTSON, W. M.; KIBITE, S.; LANDRY, S. J. Growth performance, carcass and pork quality of finisher pigs fed oat-based diets containing different levels of b-glucans. **Journal Animal Science**, v.81, p.449-456, 2003.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; MALHEIROS, E. B. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.869-875, 2008.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; NADAI, A. Qualitative feed restriction for heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.6, p.1353-1363, 2009a.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; D'ANGELIS, F. H. F. Qualitative feed restricted heavy swine: meat quality and morpho-histochemical characteristics of muscle fibers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 52, n. 5, p. 1145-1156, 2009b.

GLITSO, L. V.; BRUNSGRAAD, G.; HOJSGAARD, S.; SANDSTROM, B.; BACH KNUDSEN, K. E. Intestinal degradation in pigs of rye dietary fibre with different structural characteristics. **British Journal of Nutrition**, v.80, p.457-468, 1998.

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.

HAMM, R. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. **In: BECHTEL, P. J. Muscle as Food**. Academic Press, p.135-199, 1986.

LATORRE, M. A.; LÁZARO, R.; VALENCIA, D. G.; MEDEL, P.; MATEOS, G. G. The effects of sex and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 526–533, 2004.

LYON, C. E.; LYON, B. G.; DICKENS, J. A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Reserch**, v.7, n.1, p.53-60, 1998.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5ed. Hardcover, 2012, 1100p.

NPPC. **Procedures to Evaluate Market Hogs**, 3rd ed. National Pork Producers Council, Des Moines, IA, 1991.

OLIVEIRA, S.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; OLIVEIRA, A. I. G.; FREITAS, R. T. F. Substituição do milho por casca de café em rações isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. **Ciência Agrotécnica**, v.25, p.424-436, 2001.

OLIVEIRA, S. L.; FIALHO, E. T.; MURGA, L. D. S.; FREITAS, R. T. F.; OLIVEIRA, A. I. G. Utilização de casca de café melosa em rações de suínos em terminação **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.6, p.1330-1337, 2002.

PARRA, A. R. P.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; PAIANO, D.; SCHERER, C.; CARVALHO, P. L. O. Utilização da casca de café na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.433-442, 2008.

PÉREZ, M. P.; PALACIO, J.; SANTOLARIA, M. P.; ACEÑA, M. C.; CHACÓN, G.; GASCÓN, M.; CALVO, J. H.; ZARAGOZA, M. O.; BELTRAN, J. A.; GARCÍA-BELENGUER, S. Effect of transport time on welfare and meat quality parameters in pigs. **Meat Science**, v.61, p.425-433, 2002.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.5, p.1309-1313, 1989.

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**, v.66, n.3, p.699-706, 1988.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2007. 599 p.

ROSENVOLD, K.; PETERSEN, J. S.; LÆRKE, H.N.; JENSEN, S. K.; THERKILDSEN, M.; KARLSSON, A. H.; MØLLER, H. S.; ANDERSEN, H. J. Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs. **Journal Animal Science**, v.79, p. 382-391, 2001.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 3ed., 2011, 252p.

RSPCA. **RSPCA Welfare Standards for Pigs**. RSPCA/Freedom Food, Horsham,UK, 2010.

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

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; SANTOS, V. M.; MASSON, G.C. I.; FRAGA, A. L.; PASCOAL, L. A. F.; ROBLES-HUAYNATE, R. A.; SILVA, S. Z. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.921-929, 2010.

WHITTEMORE, C. T. Nutritional manipulation of carcass quality in pigs. In: COLE, D.J.A.; HARERDIGN, W.; GARNSWORTTY, P.C. (Eds.). 1993. **Recent Developments in Pig Nutrition**, v.2, p.12-19, 1993.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2003.