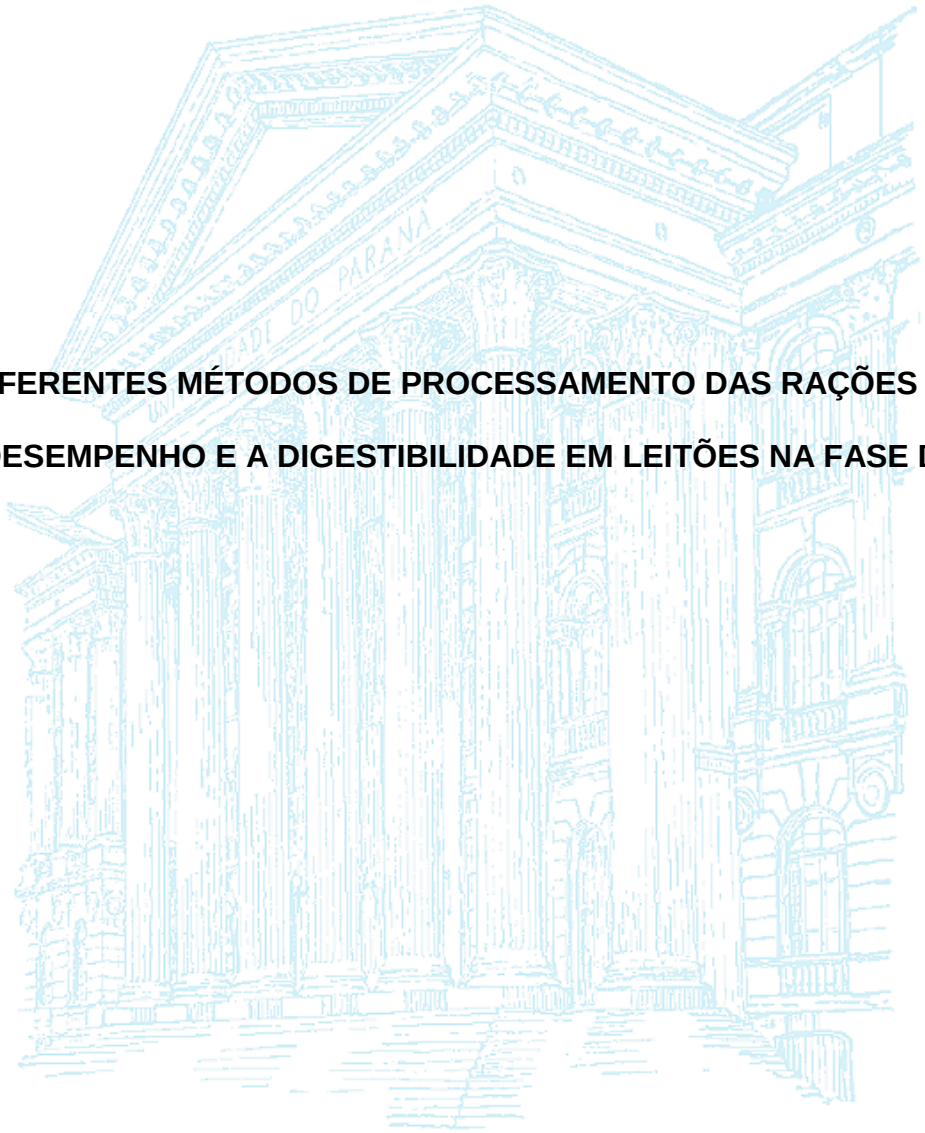
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DALTON CASALETTI



DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DAS RAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO E A DIGESTIBILIDADE EM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

CURITIBA
2014
DALTON CASALETTI

DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DAS RAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO E A DIGESTIBILIDADE EM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Nutrição e Alimentação Animal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka
Co-orientador: Dr. Uislei Antonio Dias Orlando

CURITIBA

2014

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

UFPR

PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada **"DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DAS RAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO E A DIGESTIBILIDADE DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE"** apresentada pelo Mestrando **DALTON CASALETTI** declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou o candidato APTO *para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias*, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 25 de março de 2014

Professor Dr. Alex Maiorka
Presidente/Orientador

Dr. Everton Luis Krabbe
Membro

Dr. Uiglon Antonio Dias Orlando
Membro

Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 037/2014, referente ao projeto "Diferentes métodos de processamento das rações sobre o desempenho e a digestibilidade em leitões na fase de creche", sob a responsabilidade de Alex Maiorka, na forma em que foi apresentado (uso de 432 porcos), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 31 de julho de 2014.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 037/2014, regarding the project "Different methods of processing of feed on performance and digestibility in piglets in nursery phase", under Alex Maiorka's supervision, in the terms it was presented (use of 432 pigs), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of Paraná, Brazil) during session on July 31st, 2014.

Curitiba, 31 de Julho de 2014.

Ricardo Guilherme D'Otaviano de Castro Vilani
Presidente

Ananda Portella Félix
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais
Setor de Ciências Agrárias
Universidade Federal do Paraná.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me deu a vida e a oportunidade de tentar desvendar seus mistérios através da ciência.

A minha família que me apoiou incondicionalmente nesta jornada de estudo e trabalho, especialmente ao meu filho Victor Casaletti pelo amor e pela paciência.

Aos amigos e colegas que estiveram sempre presentes me ajudando a organizar os trabalhos e a superar as adversidades da fase experimental.

Ao meu orientador Alex Maiorka por ceder seu precioso tempo compartilhando dúvidas, ideias e conhecimento.

Aos amigos Fabricio Delgado e Uislei Orlando por acreditarem em mim e me incentivarem rumo ao sonho do mestrado.

A empresa BRF pelo apoio e profissionalismo durante todo o período do projeto de mestrado.

A UFPR e seus professores pela estrutura e conhecimento.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....vii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES.....viii
RESUMO.....ix
ABSTRACT.....ix

CAPÍTULO 1: Revisão de literatura.....11
1.1 Introdução.....12
1.2 Aspectos fisiológicos e nutricionais em leitões.....12
1.3 Processamento de rações.....16
1.3.1 Condicionamento.....17
1.3.2 Extrusão.....18
1.4 Gelatinização do amido.....21
1.5 Proteína e aminoácidos.....24
1.6 Considerações finais.....27
1.7 Referências bibliográficas.....28

CAPÍTULO 2: Diferentes métodos de processamento das rações sobre o desempenho e a digestibilidade em leitões na fase de creche.....36
2.1 Introdução.....39
2.2 Material e Métodos.....40
2.2.1 Animais e instalações.....40
2.2.2 Matérias Primas e Dietas Experimentais.....41
2.2.3 Pré-processamento: extrusão do milho e farelo de soja.....42
2.2.4 Condicionamento.....44
2.2.5 Análise da ração.....45
2.2.6 Desempenho Zootécnico.....47
2.2.7 Digestibilidade.....47
2.2.8 Delineamento e Análise estatística.....48
2.3 Resultado e Discussão.....49
2.3.1 Digestibilidade dos nutrientes.....49
2.3.1.1 Avaliação da Digest. de Nutrientes do Pré-Processamento.....49
2.3.1.2 Avaliação da Digest. de Nutrientes do Condicionamento.....51
2.3.1.3 Interação do Pré-Proc. e Condicionamento para o CDMS.....52
2.3.1.4 Avaliação da lisina livre.....53
2.3.2 Pré-processamento.....56
2.3.3 Condicionamento.....61
2.3.4 Interações entre pré-processamento e condicionamento.....66
2.4 Avaliação econômica.....69
2.5 Conclusão.....71
2.6 Referências bibliográficas.....71

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....76

LISTA DE TABELAS

CAPITULO II

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas pré-inicial e inicial com base na matéria natural.....42
Tabela 2. Temperaturas médias do pré-processamento e do condicionamento (ºC) 45
Tabela 3. Diâmetro geométrico médio (DGM) das rações do pré-processamento e do condicionamento(µ).....45
Tabela 4 – Amido total (%) e grau de gelatinização do amido (%) no pré-processamento e condicionamento das dietas pré-inicial e inicial.....46
Tabela 5 - Efeito do pré-processamento da ração pré-inicial 3 no coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes dos 35 aos 43 dias 50
Tabela 6 - Efeito do condicionamento da ração pré-inicial 3 no coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes dos 35 aos 43 dias.....52
Tabela 7 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS%).....53
Tabela 8 - Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial na quantidade de lisina total e livre disponível na dieta (% na matéria natural).....55
Tabela 9 - Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial na quantidade de lisina e total e livre disponível na dieta (% na matéria natural).....55
Tabela 10 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento da ração para lisina livre do período de 42 a 63 dias de idade dos animais (% na matéria natural).....56
Tabela 11 - Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial no consumo de ração diário de leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).....57
Tabela 12 - Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial no ganho de peso diário e peso médio de leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).....58
Tabela 13 Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial na conversão alimentar de leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).....61
Tabela 14 - Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial no consumo de ração diário dos leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).....62
Tabela 15 - Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial no GPD e PMF dos leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).....64
Tabela 16 - Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial na conversão alimentar dos leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).....66
Tabela 17 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para ganho de peso diário (g) dos 42 aos 63 dias de idade.....67
Tabela 18 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para CA (Kg Kg-1) dos 42 aos 63 dias de idade.....68
Tabela 19 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para CA (Kg Kg-1) dos 21 aos 63 dias de idade.....69
Tabela 20 – Avaliação econômica do custo de produção do leitão de creche dos fatores pré-processamento e condicionamento dos 21 aos 63 dias de idade.....70

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES.

%	Percentual
α	Alfa
&	Substitui a conjunção aditiva “e”
®	Registrado
°C	Graus Celsius
µ	Micra
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AR	Amido retrogradado
atm	Atmosferas
CA	Conversão alimentar
CIA	Cinza insolúvel em ácido
cm3	Centímetro cúbico
CDMS	Coeficiente de digestibilidade da matéria seca
CDPB	Coeficiente de digestibilidade da proteína bruta
CDEE	Coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo
CDEB	Coeficiente de digestibilidade da energia bruta
CR	Consumo de ração
CRD	Consumo de ração diário
CTA	Centro tecnológico agropecuário
HP	Cavalo-vapor, medida de potência
CV	Coeficiente de variação
DGM	Diâmetro médio geométrico
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EM	Energia metabolizável
GPD	Ganho de peso diário
Kcal	Quilocalorias
Kg/cm^3	Quilogramas por centímetro cúbico
Mcal	Megacalorias
MFSC	Milho e farelo de soja comum
MFSE	Milho e farelo de soja extrusados
m^2	Metro quadrado
mEq	Miliequivalente
mm	Milímetro
MS	Matéria seca
P	Probabilidade
PB	Proteína bruta
PV	Peso vivo
PM	Peso médio
pH	Potencial hidrogeniônico
TGI	Trato gastrointestinal
rpm	Rotações por minuto
ton	toneladas
vs.	Versus

DESEMPENHO DE LEITÕES DE CRECHE ALIMENTADOS COM DIETAS PROCESSADAS

RESUMO

A fim de facilitar a digestão enzimática e melhorar o aproveitamento dos nutrientes da dieta de leitões desmamados são empregados importantes métodos de processamento de cereais e rações. O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito do processamento termomecânico por extrusão do milho e do farelo de soja e condicionamento das dietas pré-inicial e inicial, sobre a digestibilidade e o desempenho zootécnico de leitões na fase de creche. Foram utilizados 432 animais de ambos os sexos, híbridos comerciais (AGPIC 337 x Camborough 25) com peso inicial de 6,70 ± 0,70 kg aos21 dias de idade. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3 (dois pré-processamentos e três condicionamentos), totalizando 6 tratamentos com 12 repetições de 6 animais cada (3 machos e 3 fêmeas). Foi considerado dois tipos de pré-processamento: milho e farelo de soja comuns (CMS) e milho e farelo de soja extrusados (EMS). Os condicionamentos testados foram: não condicionadas (NC), condicionamento térmico e mecânico (TMC), e condicionamento mecânico (MC). Todas as dietas experimentais foram oferecidas fareladas aos animais. Foram utilizados os pesos iniciais dos leitões ao alojamento na formação dos blocos. Foram avaliados os períodos de 21 a 42, 42 a 63 e 21 a 63 dias de idade dos animais. Os resultados demonstram que a extrusão do milho e do farelo de soja das dietas pré-inicial e inicial, assim como, as rações que não passaram por condicionamento termomecânico (NC) são alternativas viáveis de processamento, com benefícios no consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e peso médio.

Palavras-chave: alimentação, creche, processamento térmico, suínos.

PROCESSING OF FEED PIGLETS IN NURSERY PHASE

ABSTRACT

Aiming to facilitate enzymatic digestion and improve nutrient utilization of diets for weaned piglets important methods of grain processing and animal feed are used. The objective of this study was to investigate the effect of thermomechanical extrusion processing of corn and soybean meal and conditioning of pre-starter and starter diets on digestibility and growth performance of piglets in the nursery phase. 432 animals, males and females, commercial hybrids (AGPIC 337 x Camborough 25) with initial weight of 6.70 ± 0.70 kg at 21 days of age were used. The experimental design was randomized blocks, factorial 2 x 3 (two preprocessing and three conditioning), totaling 6 treatments with 12 replicates of 6 animals (3 males and 3 females). Corn and soybean meal common (CCS) and corn meal and extruded soybeans (ECS): two types of pre - processing was considered. The conditioning were tested: no conditioning (NC), mechanical and thermal conditioning (TMC), and mechanical conditioning (MC). All

experimental diets were offered to the animals mash. The initial weights of piglets in the formation of the housing blocks were used. Periods 21-42, 42-63 and 21-63 days of age the animals were evaluated. The results show that the extrusion of corn and soybean meal of pre-starter and starter diets as well as diets that have not gone through thermomechanical conditioning (NC) are viable alternatives for processing, with benefits in feed intake, gain weight, feed conversion and average final weight .

Keywords: feed, nursery, swine, thermal process

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

APRESENTAÇÃO FÍSICA E COMPOSIÇÃO DE DIETAS PARA LEITÕES

1.1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira conta com privilegiadas condições técnicas, sanitárias e ambientais e está preparada para o desafio de produzir proteína de alta qualidade para suprir a demanda mundial por carnes. Em 2012 o Brasil produziu 3,49 milhões de toneladas de carne suína (ABIPECS, 2012) e consumiu cerca de 15,1 milhões de toneladas de ração, ou seja, 23% do total produzido no país (SINDIRAÇÕES, 2012). O gasto com a alimentação representa o maior custo de produção em suinocultura, com destaque para o milho e o farelo de soja, que são os principais cereais produzidos no país e compõem a base da alimentação de suínos. Portanto, a eficiência na utilização destes cereais irá determinar o sucesso e a sustentabilidade da cadeia de suinocultura. A fim de maximizar a eficiência da utilização destes cereais e de minimizar os custos de produção, inúmeros estudos têm sido realizados na área de processamento de rações, que objetivam modificar a estrutura física e química dos carboidratos e das proteínas, para melhorar a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes na digestão dos leitões.

1.2 ASPECTOS FISIOLÓGICOS E NUTRICIONAIS EM LEITÕES

O desmame dos leitões, em condições naturais, é um processo gradual sem mudanças drásticas no trato gastrointestinal, porém é diferente do que acontece no desmame precoce, que é realizado atualmente entre 21 e 28 dias de idade dos animais, representando a fase mais crítica da criação de suínos. E dependendo das restrições impostas antes e após o desmame, poderá ocorrer comprometimento do desempenho dos animais nas fases seguintes. Nesta fase, o leitão ainda não está fisiologicamente apto para consumir dieta sólida. Além da

capacidade física limitada do estômago e do intestino delgado, os leitões recém-desmamados têm insuficiente secreção de enzimas digestivas, o que compromete a digestão e a absorção adequada de nutrientes (MOLLY, 2001).

O pós-desmame é caracterizado como fase de baixo consumo de alimento pelos leitões, consequência da passagem da alimentação líquida (leite) para a sólida (ração). Os principais fatores que levam à esta redução do consumo após o desmame são: estado de saúde dos animais, utilização de dietas durante o período de maternidade, idade de desmame, mistura de leitegadas, condições ambientais, nível e qualidade de nutrientes da dieta, palatabilidade dos ingredientes da dieta, forma física da ração, quantidade e qualidade da água e manejo geral (DONG & PLUSKE 2007). Esta redução do consumo de matéria seca, associada à transição da dieta entre os períodos pré e pós-desmame e a presença de fatores alergênicos na dieta, causa ainda alterações na morfologia intestinal, incluindo a atrofia das vilosidades intestinais, com alteração da forma cônica para achatada e hiperplasia das células da cripta, o que ocasiona expressiva redução na atividade das enzimas da borda em escova e na absorção do epitélio intestinal (DONG & PLUSKE, 2007).

A produção de ácido clorídrico no estômago é limitada em leitões jovens, que tem o leite como principal alimento. A sua secreção depende do tipo de alimento ingerido, e no desmame ocorre queda da produção do ácido láctico no estômago, devido a ausência de substrato (lactose) para os *Lactobacillus* fermentadores, além de baixa produção de ácido clorídrico, o que irá determinar aumento do pH (VIOLA & VIEIRA, 2003). Estas alterações em detrimento do desmame podem alterar a microbiota normal dos leitões e causar mudanças na fisiologia digestiva, reduzindo a

sua função de barreira de proteção contra agentes patogênicos (RICHARDS et al., 2005).

A fisiologia do aparelho digestivo dos leitões é altamente complexa. Segundo Lovatto (2002) a secreção e os tipos de enzimas secretadas pelos leitões jovens estão condicionados à idade e a exposição aos substratos específicos. Dessa forma, até a quinta semana de idade, o sistema digestório está mais adaptado para digerir componentes do leite, como a lactose, a caseína e a gordura (KIDDER E MANNERS, 1978). Já as lipases e as proteases são suficientes para agir sobre a gordura e proteína do leite até o desmame e aumentam após esta fase (MAXWELL E CARTER, 2001). Por outro lado, as enzimas intestinais, sacarase e maltase; assim como, as enzimas pancreáticas tripsina e quimiotripisina são baixas no nascimento e aumentam com a idade (MAHAN E LEPINE, 1991).

Nas primeiras semanas de vida, o intestino apresenta alta taxa de crescimento, com elevada renovação celular, sofrendo mudanças tanto na microbiota quanto na função digestiva (PLUSKE et al., 1997). Cera et al. (1988) analisando a anatomia do jejuno de leitões desmamados aos 21 dias de idade, consumindo dieta à base de farelo de soja, verificaram drástica redução na altura das vilosidades no 3º e 7º dias pós-desmame, e que a superfície das vilosidades do intestino delgado foi acentuadamente alterada por um período de 7 a 14 dias após o desmame. Entretanto, Beers-Schreurs et al. (1998) comentam que o grau de atrofia das vilosidades está mais correlacionado com a quantidade de alimento ingerido do que com a composição da dieta, independente de ser líquida ou sólida, sendo mais severa nos grupos com menor consumo de matéria seca. Desta forma, é fundamental a manutenção do consumo de alimento pelo leitão logo após o

desmame. Em adição, Hoppe (1990) recomendam o fornecimento de uma dieta de elevado valor nutricional e altamente digestiva para os leitões durante os primeiros 14 dias da fase de creche, o que irá minimizar transtornos digestivos nesta fase. Isto pode ser obtido com a utilização de dietas com nutrientes mais disponíveis como é o caso dos alimentos processados. Wolter e Ellis (2001) sugerem que aumentar a ingestão de nutrientes logo após o desmame, pode acelerar a taxa de crescimento de leitões leves e reduzir a variabilidade do lote. Por isso, a digestibilidade da dieta tem papel fundamental, uma vez que pode determinar o consumo em leitões jovens. Segundo Dong e Pluske (2007) a digestibilidade tem alta correlação com o volume da digesta, exercendo efeito sobre o preenchimento do intestino, bem como sobre o apetite dos leitões. A transição das dietas fornecidas aos leitões, inicialmente à base de leite e na sequência formada basicamente por ingredientes de origem vegetal, foi dividida por Burrin e Stoll (2003) em duas fases: a primeira caracteriza-se como fase aguda, que corresponde o período necessário para o leitão aprender a comer e retomar o nível de consumo de matéria seca compatível com a fase pré-desmame, ou seja, de cinco a sete dias pós-desmame; em seguida vem a fase de adaptação.

O milho e farelo de soja são os principais ingredientes da ração na fase de creche, porém dietas à base destes cereais predispõem os leitões a problemas fisiológicos e digestivos com piora no desempenho (TRINDADE NETO et al., 2002). Corroborando, Fontes (2003) comenta que do nascimento ao desmame, o sistema digestivo do leitão está adaptado a digerir o leite e não alimentos sólidos, principalmente os de origem vegetal. Que podem apresentar antígenos que provocam reações de hipersensibilidade transitória no intestino, ocasionando diarreias, além de haver a perda da proteção imunológica passiva do leite (LUDKE

et al., 1998). Desta forma, o processamento da ração torna-se imprescindível para reduzir estes efeitos.

1.3 PROCESSAMENTO DE RAÇÕES

Processar um ingrediente significa alterar a sua estrutura natural, por ação de agentes químicos ou físicos, para obter retornos líquidos desta mudança quando em uso pelo animal (BELLAVER & NONES, 2000). Os principais objetivos do processamento são: a alteração do tamanho das partículas, da quantidade de umidade, da densidade, da palatabilidade e atratividade do alimento, melhoria na digestibilidade dos nutrientes e a inativação de substâncias antinutricionais. Além disso, promove a redução da contaminação por fungos, salmonelas e outros microrganismos (ESMINGER, 1985).

Dentre os tipos mais comuns de rações produzidas, destacam-se as fareladas, as granuladas, as peletizadas, as líquidas e as úmidas, cuja maioria é obtida através de processamento em fábrica de ração, na qual modifica-se a forma física e determina-se a viabilidade em termos de custos de produção (COSTA, 2006).

Ao contrário do que ocorre com as dietas fareladas e peletizadas que são as mais frequentes na alimentação de suínos, as extrusadas são pouco utilizadas, fato que está relacionado ao elevado custo deste tipo de processamento, ficando condicionadas à utilização na alimentação de animais de companhia e na aquicultura. Entretanto, é importante considerar que o tipo de processamento escolhido, por um lado, pode aumentar o custo da ração, mas por outro, pode

incrementar os resultados de desempenho zootécnico dos animais, justificando, desta forma, os investimentos.

1.3.1 CONDICIONAMENTO

A peletização pode ser definida como a aglomeração de partículas moídas de um ingrediente ou de mistura de ingredientes, por meio de processos mecânicos, em combinação com umidade, pressão e calor (BELLAVER & NONES, 2000). O processo reduz a segregação ou a separação dos diferentes ingredientes e garante consumo balanceado da ração por todo o período de criação. Reduz o desperdício de ração, quando comparada com dietas fareladas, devido à maior agregação das partículas (GADZIRAYI et al., 2006).

Skoch et al. (1983) avaliaram a preferência dos suínos por diferentes formas físicas das rações (fareladas, peletizada a vapor e peletizada sem vapor) e observaram que os animais preferiram ingerir em primeiro lugar a dieta peletizada à farelada, e a peletizada sem vapor em comparação à com vapor; os autores comentam que a preferência por dieta peletizada sem vapor talvez se deva aos fato dos peletes ficarem mais macios em relação aos peletizados com vapor.

Traylor et al. (1996) encontraram melhoras de 25% no ganho de peso e de 36% na conversão alimentar quando alimentaram leitões de 0 a 5 dias após o desmame com rações peletizadas e fareladas, porém dos 0 aos 29 dias após o desmame a melhora na conversão alimentar foi de apenas 4%. Respostas similares foram observadas por Hansen et al. (1992) em estudo com leitões desmamados, dos 0 aos 28 dias na fase de creche, onde os animais alimentados com rações peletizadas foram somente 4,5% melhores do que os alimentados com as fareladas.

Em adição, Garcia e Silveira (1995) observaram melhoria de 7,33%, tanto na conversão alimentar quanto no custo de produção de leitões na fase de creche (28 a 70 dias de idade) que consumiram rações peletizadas quando comparadas às fareladas. O resultado possivelmente esteja relacionado ao processamento da ração, que pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes. Da mesma forma, Medel et al. (2004) constataram que a peletização reduziu em 18,2% o consumo de ração, melhorando em 20% a conversão alimentar, porém não houve efeito sobre o ganho de peso dos leitões.

Em relação ao condicionamento, Steidinger et al. (2000), em seus trabalhos com dietas complexas submetidas a diferentes temperaturas de peletização, 60, 68, 77, 85 e 93°C observaram efeito quadrático sobre o ganho de peso, com ponto de máxima aos 77°C e efeito linear decrescente sobre o consumo de ração, ou seja, o aumento da temperatura reduziu o consumo de ração. Em adição, Zurek (2012) observou que a peletização de dietas complexas, contendo grande quantidade de ingredientes lácteos e açúcares, para alimentação de leitões na fase de creche, melhorou a energia digestível da dieta, incrementou o ganho de peso e o consumo, e reduziu a conversão alimentar e o desperdício de ração.

1.3.2 EXTRUSÃO

Singh et al. (2007) observaram que os benefícios da extrusão incluem a gelatinização do amido, a destruição de fatores antinutricionais, o aumento da solubilidade da fibra e a redução da oxidação dos lipídios da dieta. Portanto, o uso de rações extrusadas pode atender às exigências fisiológicas dos leitões, uma vez

que a extrusão rompe barreiras físicas que envolvem os grânulos dos ingredientes, melhorando sua digestibilidade e palatabilidade (HANCOCK & BEHNKE, 2001).

Solà-Oriol et al. (2009) observaram que a extrusão do milho e da aveia melhorou os valores de preferência para rações com estes ingredientes em dietas para suínos. Em outro estudo, MATEOS et al., (2006) analisaram os efeitos do consumo de rações de creche, em leitões de 21 dias de idade, com a utilização de milho ou arroz cozido e descobriram que, nos animais que consumiram mais ração com arroz cozido, a taxa de crescimento foi maior, porém não houve efeito na conversão alimentar.

Amornthewaphat & Attamangkune (2008) em seus trabalhos com leitões de creche e ratos para determinar o efeito da extrusão do milho com diferentes densidades (937, 1810 e 2874 g/L) sobre a digestibilidade e desempenho dos animais, observaram que à medida que se reduziu a densidade do milho extrusado, melhoraram os índices de atividade enzimática, absorção e solubilidade da água, porém reduziu-se a viscosidade e o tempo de trânsito intestinal, implicando-se, na redução da digestibilidade da matéria seca, do nitrogênio e da energia bruta; em contrapartida, no experimento de desempenho, os leitões desmamados que receberam milho extrusado, obtiveram melhor consumo e taxa de crescimento, que aumentaram linearmente com o aumento da densidade do extrusado. Os autores concluíram que a maior densidade do milho extrusado melhorou o desempenho dos leitões, devido ao maior tempo de trânsito intestinal e ao aumento da viscosidade intestinal.

WANG et al (2013) propõem um modelo global de classificação por qualidade de extrusados de milho em quatro níveis, denominado de “U”, o qual

relaciona os fatores de qualidade do milho comum “U1” (umidade, densidade, quantidade de proteína e tempo de estocagem) com os do milho extrusado “U2” (grau de gelatinização do amido, densidade do extrusado, umidade do extrusado e propriedades da massa do extrusado), através de um modelo matemático. Em adição, Forte (2005) observou que o índice de solubilidade da água no milho extrusado é um importante critério de qualidade, e, por isto, deve ser evitado o excesso de água, pois afeta a viscosidade do alimento no trato intestinal. Da mesma forma, Singh et al. (2007) comentam que a tecnologia empregada no processo de extrusão é fundamental para a qualidade do extrusado; uma vez que o elevado percentual de umidade, o baixo tempo de permanência na extrusora e a baixa temperatura melhoram a qualidade nutricional do extrusado; mas, por outro lado, a elevada temperatura (acima de 200ºC), a baixa umidade (menor que 15%) e características da formulação (ex: presença de açúcar reativo) podem prejudicar a qualidade do extrusado (SINGH et al., 2007).

Chae et al. (1997) em suas pesquisas com sorgo e milho extrusados e leitões desmamados observaram que tanto o sorgo quanto o milho proporcionaram melhor conversão alimentar e maior digestibilidade ileal da gordura e da proteína bruta quando comparados com os mesmos cereais sem extrusão. Resultados semelhantes foram encontrados por Rocha (2009), que verificou que os animais que receberam ração extrusada apresentaram melhor eficiência alimentar e menor custo de produção em relação aos que receberam ração sem extrusão.

O processamento térmico dos cereais gelatiniza o amido do grão, o que pode resultar em melhoria na utilização dos nutrientes, mas as informações disponíveis sobre os benefícios na digestibilidade aparente total da dieta em suínos

em crescimento, ainda são contraditórias (VICENTE, 2008). Talvez devido à relação com o mecanismo de fermentação no intestino grosso dos suínos. FADEL et al. (1988) estudaram o efeito da extrusão sobre a digestibilidade da cevada em suínos e observaram que a extrusão proporcionou melhora significativa na digestibilidade ileal do amido, entretanto, não ocorreu diferença na digestibilidade total. Essa diferença entre a digestibilidade ileal e total do carboidrato pode ser devida à fermentação do amido, no intestino grosso, que escapou da digestão enzimática no intestino delgado.

1.4 GELATINIZAÇÃO DO AMIDO

O amido é a fonte mais importante de carboidratos na alimentação de monogástricos. O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais na forma de carboidrato de reserva, sendo abundante em grãos de cereais (40 a 90% da matéria seca - MS), leguminosas (30 a 50% da MS), tubérculos (65 a 85% da MS) e frutas imaturas ou verdes (40 a 70% da MS) (LAJOLO & MENEZES, 2006).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose, unidas por ligações glicosídicas α-1,4, originando uma cadeia linear; já a amilopectina, é formada por unidades de glicose unidas em α-1,4 e α-1,6, formando uma estrutura ramificada. Os milhos normais possuem em média 75% de amilopectina e 25% de amilose, mas existe variação entre genótipos, a qual tem sido fonte de estudos para aplicação comercial (PAES et al., 2010). Estas variações nos teores de amilose e amilopectina irão determinar as diferenças moleculares e as propriedades físicas do

amido. Estas duas estruturas possuem características distintas quanto à capacidade de retenção de água, inchamento dos grânulos, gelatinização e retrogradação do amido; e também irão determinar a sua solubilidade em diferentes meios, representando importantes funcionalidades na aplicação pelas indústrias, em especial, a de alimentos (LAJOLO e MENEZES, 2006).

Quando o amido entra em contato com a água fria, os grânulos incham ligeiramente (10 a 20%) devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, mas esse processo é reversível pela secagem (FAO, 1998). No entanto, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente num fenômeno denominado de gelatinização, que é a perda da organização estrutural (perda da birrefringência), com fusão dos cristais. A gelatinização do amido é conhecida como a destruição irreversível da estrutura cristalina do grão de amido, tornando a molécula mais suscetível à ação enzimática (LOBO & SILVA, 2003). Sabe-se que a gelatinização tem início no hilo e se expande rapidamente para a periferia, ocorrendo inicialmente nas regiões amorfas devido à fragilidade das ligações de hidrogênio nessas áreas, ao contrário do que ocorre nas regiões cristalinas (SINGH et al., 2003). À medida que os grânulos continuam se expandindo, ocorre a passagem da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, resultando no aumento substancial das propriedades reológicas do sistema.

O processamento do milho por calor rompe a estrutura cristalina que envolve o grânulo de amido e libera a amilose e a amilopectina, facilitando a ação enzimática da amilase no processo de digestão e de absorção (LOBO & SILVA, 2003). O amido entra no processo de gelatinização entre 60 e 70°C de acordo com a fonte e o tipo de grânulo (FOOD OREGON STATE, 2006). Em adição, nos estudos

de Falk (1985) utilizando dietas contendo grande quantidade de grãos, observou-se que a gelatinização do amido só ocorre em temperatura mínima de peletização de 82ºC e umidade na massa de 18%. Da mesma forma, Camire (2011) observou que a gelatinização do amido ocorre em baixo grau de umidade durante a extrusão (12 a 22%), diferente de outros tipos de processamento de alimentos. Entretanto rações a base de milho e farelo de soja demandam um maior tempo de condicionamento para que ocorra a gelatinização do amido e sua posterior reorganização e coesão com as demais estruturas da ração (DOZIER, 2001). Em adição, Lauriston (1996) comenta que esta temperatura de gelatinização do amido do milho situa-se entre 70 a 75ºC.

Consequentemente, a extrusão das rações acaba sendo uma alternativa para promover a gelatinizaçao do amido do milho, uma vez que modifica a sua estrutura física, através do calor, pressão e umidade. A extrusão é empregada para obtenção de amidos modificados, solúveis e com elevada capacidade de retenção de água, através da gelatinização e dextrinização, o que permite melhor digestão e absorção dos nutrientes (MOREIRA et al., 1994).

Por outro lado, Camire (2011) comenta que a extrusão do alimento pode propiciar a formação de amido resistente (AR) à digestão dos animais, que está presente em maior quantidade em alimentos com elevados níveis de amilose, como é o caso do milho. Hongtrakul et al. (1998) em seus estudos com leitões desmamados aos 21 dias de idade alimentados com rações contendo diferente grau de gelatinização do amido (GGA) (14,5; 38,7; 52,7; 64,4 e 89,3%), observaram que o elevado GGA (89%) contribuiu para a baixa digestibilidade da MS, PB e EB, por outro lado o GGA intermediário (38 a 64%) propiciou os melhores resultados. Os autores sugeriram que o grau de gelatinização do amido pode não ser o fator

primário para a disponibilidade de nutrientes na extrusão de milho, hipotetizando que mudanças químicas na massa extrusada, durante o processamento, podem afetar a digestibilidade dos nutrientes, como é caso da associação da elevada umidade da massa e a brusca queda na temperatura, que pode cristalizar as cadeias de amido, formando a beta-amilose e amilopectina cristalizada, que são estáveis e de difícil quebra pela amilase, reduzindo, desta forma, a solubilidade dos carboidratos. Este processo é conhecido como retrogradação do amido.

1.5 PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS

A pressão, temperatura e umidade empregadas durante o processo de peletização e extrusão podem alterar a estrutura física e química das proteínas e, consequentemente, as suas propriedades funcionais e nutricionais.

Segundo Nelson e Cox (2011) as proteínas possuem estruturas espaciais complexas que normalmente se dividem em quatro níveis de organização: a) primária: sequencia simples de aminoácidos na cadeia polipeptídica, b) secundária: estrutura formada por pontes de hidrogênio que unem os radicais dos grupamentos amina e carboxila, entre aminoácidos adjacentes, c) terciária: representa a forma tridimensional final de uma cadeia polipeptídica, resultado da associação de partes organizadas da molécula e d) quaternária: composta de mais de uma cadeia polipeptídica, que podem estar associadas por pontes dissulfeto.

Entre as principais alterações na estrutura das proteínas, em decorrência do processamento termomecânico, estão a desnaturação, dissociação e formação de filamentos. Os quais propiciam um produto reorganizado, poroso e fibroso, com melhor valor nutricional e digestibilidade aumentada (devido a maior exposição de

resíduos de aminoácidos e a inativação de inibidores de proteases e outros fatores antinutricionais) e a formação de sabor e aroma pelas reações de Maillard.

A digestibilidade protéica dos ingredientes pode ser melhorada com o processamento térmico, porém temperatura elevada combinada com excesso de umidade pode alterar a estrutura terciária e quaternária da proteína, reduzindo a sua digestibilidade e a dos aminoácidos (PRESTLOKKEN e FÔRUTVIKLING, 2012). Por outro lado, a estrutura primária não sofre efeito de agentes desnaturantes, o que acaba preservando as ligações peptídicas (ARAÚJO et al., 2009).

Do ponto de vista nutricional, a desnaturação parcial melhora a digestibilidade das proteínas devido à alteração na sua estrutura, permitindo que as proteases atuem mais facilmente (DOZIER, 2001). SCOTT et al. (1997) afirmam que o aumento na digestibilidade da proteína para frangos de corte ocorre provavelmente devido às rações peletizadas serem submetidas à alta temperatura e pressão em seu processo, resultando em rompimento das pontes dissulfeto na estrutura da proteína, causando desnaturação e aumento da eficiência das enzimas endógenas.

O efeito do processamento de rações sobre a digestibilidade da proteína foi reportado em várias pesquisas. Sauer et al. (1990) trabalhando com leitões de creche com três semanas de idade e dietas peletizadas e extrusadas observaram que a digestibilidade da PB foi 6% melhor nas dietas extrusadas (80,4 vs. 75,9%), o que contribuiu para a melhoria em 8% no GPD e em 6% na CA. Da mesma forma, Veloso et al. (2005) em seus estudos com digestibilidade de milho e farelo de soja expandidos e leitões de creche, encontraram melhor teor de PB do farelo de soja expandido (44,07 vs. 42,44 %). Em adição, Cheftel (1986) ao submeter o farelo de soja ao processo de extrusão observou a ocorrência de desnaturação proteica, com

a exposição de novos sítios à atividade enzimática, melhorando, com isso, a digestibilidade de aminoácidos.

Porém ABDOLLAHI et al. (2011) verificou efeito negativo da temperatura sobre a digestibilidade da proteína em dietas a base de trigo. Processamentos térmicos muito intensos podem ocasionar reações indesejáveis entre os componentes dos alimentos, tornando-os menos digestíveis. O excesso de temperatura no processo pode resultar em escurecimento não enzimático dos alimentos, principalmente a reação de Maillard e de caramelização (ARAÚJO et al., 2009). Estas reações têm impacto positivo para modificar o aspecto de alimentos para humanos, melhorando a aparência e o “flavor” (preparo de bolos, bolachas, balas, pães e assados em geral). Porém, levam a efeitos negativos do ponto de vista nutricional, como o bloqueio ou a redução da biodisponibilidade de aminoácidos essenciais (principalmente lisina) e da atividade de enzimas (BOEKEL, 1998).

A reação de "Maillard" ocorre entre um grupamento carbonila (C=0) de carboidratos redutores e o grupamento amino (NH2) do aminoácido, em meio preferencialmente alcalino, na presença de água e temperatura. Após várias etapas, ocorre à produção de melanoidinas, responsáveis pela coloração marrom. Já a caramelização, é uma reação de escurecimento não enzimático que exige apenas a presença de carboidratos redutores. A reação de caramelização necessita de maior energia de ativação, de modo que condições extremas de temperatura (maior que 120ºC) e pH (pH<3 ou pH>9) precisam ser aplicadas (BOEKEL, 1998).

Para a nutrição animal, o processamento térmico de rações através da peletização e extrusão das rações, pode desencadear esta reação de complexação entre aminoácidos e carboidratos, indisponibilizando parcialmente estes compostos,

reduzindo a solubilidade das proteínas e comprometendo sua digestibilidade. Veloso et al. (2005) relataram que o farelo de soja teve sua solubilidade protéica em KOH reduzida de 805,7 para 641,2 g/kg de proteína após ser submetida a processamento com expander a temperatura de 130-136°C. Os autores mencionaram a possibilidade da expansão provocar a ligação da proteína do farelo de soja com o amido, tornando-a insolúvel. CRESWELL e BEDFORD (2006) sugerem que temperaturas de peletização acima de 85°C não devem ser empregadas a fim de evitar a formação de complexos entre proteínas e carboidratos, além de outras perdas nutricionais.

Van Barneveld e Batterham (1994) observaram em seus estudos com rações para leitões que o aquecimento deprimiu linearmente a digestibilidade da energia, da matéria seca e da proteína; e perdas de lisina, cisteina e arginina pareceram ocorrer devido às reações de Maillard iniciais e avançadas. Delgado-Andrade et al. (2010) trabalhando com dieta pré-inicial para leitões lactentes, contendo 15% de trigo extrusado, observaram redução de 36% da lisina livre na dieta peletizada em relação à farelada (2,47 e 1,57 mg/g), sendo que a temperatura de peletização ficou entre 60 e 65ºC, também observaram maiores níveis de hidroximetilfurfural, furfural e furosina nas dietas peletizadas, que são resultantes da ocorrência da reação de Maillard.

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de dietas que sejam adequadas aos leitões da fase de creche deve levar em consideração os aspectos fisiológicos e morfológicos do trato gastrointestinal dos animais. Aspectos como processamento da dieta e capacidade

de consumo dos leitões são amplamente estudados e associados com as características químicas dos ingredientes e fisiológicas dos leitões, antes e após o desmame, para que a nutrição seja adequada às necessidades dos animais. A extrusão de cereais é um tipo de processamento termomecânico que modifica profundamente a estrutura do amido e da proteína, resultando em dietas mais nutritivas, palatáveis e digestíveis, melhorando assim, o consumo de ração, a taxa de crescimento e a eficiência alimentar dos animais.

1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOLLAHI, M.R. **Influence of feed processing on the performance, nutrient utilisation and gut development of poultry and feed quality**. Tese de doutorado. Massey University, Palmerson North, New Zealand. 2011.

AMORNTHEWAPHAT, N.; ATTAMANGKUNE, S. Extrusion and animal performance effects of extruded maize quality on digestibility and growth performance in rats and nursery pigs. **Anim. Feed Sci.** Technol, v.144: 292–305, 2008.

ARAÚJO, W.M.C., MONTEBELLO, N.P., BOTELHO, R.B.A., BORGO, L.A. **Alquimia dos alimentos.** Brasília, Editora Senac, 2009, 560p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA - ABIPECS. **Relatório Anual – 2012.** Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/relatorios.html>. Acesso em 08 dez, 2013.

AZAIN, M. J.; TOMKINS, T.; SOWINSKI, J. S.; ARENTSON, R. A.; JEWELL, D. E. Effect of Supplemental Pig Milk Replacer on Litter Performance: Seasonal Variation in Response. **Journal of Animal Science**, v.74:2195-2202, 1996.

BEERS-SCHREURS, H.M.G.; NABUURS, M.J.A.; VELLENGA, L.; KALSBEEK VAN DER VALK, H.J.; WENSING, T.; BREUKINK, H.J. Weaning and the weanling diet influence the villus height and crypt depth in the small intestine of pigs and alter the concentrations of short-chain fatty acids in the large intestine and blood. **Journal Nutrition**, v.128, n.6, p.947-953, 1998.

BEHNKE, K. **Factors affecting pellet quality**. In: Proceedings Maryland Nutrition Conference, College of Agriculture, University of Maryland, p.44-54, 1994.

BELLAVER, C. e NONES, K. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. **IV Simpósio Goiano de Avicultura**. Goiânia, 2000.

BOEKEL, M. A. J. S. Van. Effect of heating on Maillard reactions in milk. **Food Chemistry**, v. 62, p. 403-414, 1998.

BOUDRY, G.; NEMCOVA, R.; GARCANCIKOVA, S. et al. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglets intestine**. Journal of Nutrition**, v. 134, n.9, p. 2256-2262, 2004.

BURRIN, D.G; STOLL, B. Intestinal nutrient requirements in weanling pigs. In: PLUSKE, J.R.; VERSTEGEN, M.W.A.; Le DIVIDICH, J. (Editors). The Weaner Pig: Concepts and Consequences. **Wageningen Academic Publishers**, The Netherlands, p.301-335, 2003.

BRUININX, E.M.A.M.; BINNENDIJK, G.P.; VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C.; SCHRAMA, J.W.; DEN HARTOG, L.A.; EVERTS, H.; BEYNEN, A.C. Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of grouphoused weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1413-1418, 2002.

CAMIRE, M.E. Nutritional changes during extrusion cooking. In: Advances in Food Extrusion Technology, Maskin M., Altan A., Eds. CRC Press, Boca Raton, 2011.

CERA, K.R.; MAHAN, D.C.; CROOS, R.F. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine, **J. Anim. Sci.,** v.66, p.74-84, 1988.

CHAE B. J.; KANG H.I.; and CHUNG Y. K. Growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs: the effect of pelleted and extrusion of a diet containing a milk product. **Ann. Anim. Resources Sci**. v.8, p.74-82, 1997.

CHEFTEL, J.C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chem**., v.20, p.263-283, 1986.

COOPER D.R., PATIENCE J.F., GONYOU H.W. et al. Characterization of Within Pen and within room variation in pig's from birth to market: variation In birthweight and days to market. **Monograph 01-03**. Prairie Swine Centre. 2001.

COSTA, E.R.; SILVA, L.P.G.; SILVA, J.H.V. et al. Desempenho de leitões alimentados com diversas formas físicas de ração. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.3, p.241-247, 2006.

CRANWELL, P.D.; NOAKES, D.E; HILL, K.J. Gastric secretion and fermentation in the suckling pig. **British Journal of Nutrition**, v.36, p.71-86, 1976.

CRESWELL, D., BEDFORD, M. High pelleting temperatures reduces broiler performance. In: Australian Poultry Science Symposium, **Anais**, p. 1-6, 2006.

DAVIS, M.E.; SEARS, S.C.; APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; JOHNSON, Z.B. Effect of weaning age and commingling after the nursery phase of pigs in a wean-to-finish

facility on growth, humoral and behavioral indicators of well-being. **Journal of Animal Science**, v.84, p.743-756, 2006.

DELGADO-ANDRADE, C.; RUFIAN-HENARES, J.A.; NIETO, R. et al. Does the pelleting process affect the nutritive value of a pre-starter diet for suckling piglets? Ex vivo studies on mineral absorption. **J. Sci. Food and Agric**., v. 90, p. 898–905, 2010.

DONG, G.Z.; PLUSKE, J.R. The low feed intake in newly-weaned pigs: problems and possible solutions. **Journal of Animal Sciences**, v.20, n. 3, p. 440-453, 2007.

DOZIER, W.A. Cost-effective pallet quality for meat birds. **Feed Management**, v. 52 (2), 2001.

ESMINGER, M.E. Processing effects. In: Feed Manufacturing Technology III. AFIA. Cap. 66. p. 529-533, 1985.

FADEL, J.; NEWMAN, C. W.; NEWMAN, R. K. et al. Effects of extrusion cooking of barley on ileal and fecal digestibilities of dietary components in pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 68, p. 891-897, 1988.

FALK, D. Pelleting cost center. In: **Feed Manufacturing Technology** III. AFIA. Cap. 17, p. 167-190, 1985.

FAO. Carbohydrates in Human Nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation (FAO Food and Nutrition) **Food and Agriculture Organization**, paper 66, Rome, 1998.

FONTES, D.O. Avanços na nutrição de leitões. **In: Simposio Brasileiro de Nutrição Animal**, 2003, Itapetinga. Anais, p.253-268.

FOOD OREGON STATE (2006). Disponível em: <http://food.oregonstate.edu/starch/>. Acesso em: 10/2/2006.

FORTE, D. Effect of processing on the feeding quality of pet food. Food and Feed extrusion Training Program, **Kasetsart University**, Bangkok, Thailand, 2005.

GADZIRAYI, C.T.; MUTANDWA, E.; CHIHIYA, J. et al. Comparative Economic Analysis of Mash and Pelleted Feed in Broiler Production under Deep Litter Housing System. **J. Poultry Sci.**, v.7, p.629-631, 2006.

GARCIA, G. G.; SILVEIRA, J. C. G. Comparação entre formas físicas da ração no desempenho de leitões do desmame aos setenta dias de idade. **Ciência Rural**, v.25(1), p. 151-156, 1995.

GREENWOOD, C.T. Organization of starch granules. In: PIGMAN, W.; HORTON, D. de (Ed.) 2. **The Carbohydrates, Chemistry and Technology**. London: Acad. Ress, 1970. p. 471.

HANCOCK, J. D. and BEHNKE, K. C. Use of ingredient and diet processing technologies (grinding, mixing, pelleting, and extruding) to produce quality feeds for pigs. In Swine Nutrition, 2nd (Ed. A. J. Lewis and L. L. Southern). CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, p. 469-497, 2001.

HANSEN, J. A.; NELSSEN, J. L.; TOKACH, M. D. et al. Effects of a grind and mix high nutrient density diet on start pig performance. **J. Anim. Sci.**, Savoy, v.70 (Suppl.1), 1992.

HONGTRAKUL, K.; GOODBAND, R. D.; BEHNKE, K. C. et al. The effects of extrusion processing of carbohydrate sources on weanling pig performances. **J. Anim. Sci.,** v. 76 (12), p. 3034-3042, 1998.

HOPPE, M.K. Effect of postweaning feed intake on weanling pig intestinal morphology. **Journal of Animal Science,** v.68, p.392, 1990.

ISLEY, S.E.; BROOM, L.J.; MILLER, H.M. Birth weight and weaning weight as predictors of pig weight at slaughter. In. **Manipulating pig production VIII**, Australian Pig Science Association, Werribee, Victoria 3030, Australia, 2001.

JENSEN, P. Observations on the maternal behaviour of free-ranging domestic pigs. Applied **Animal Behaviour Science**, v.16, p.131-142, 1986.

KIDDER, D.E.; MANNERS, M.J. Digestion in the pig. **London: Science Bristol**, p. 201, 1978.

LAJOLO, F.M. e MENEZES, E.W. Carbohidratos en alimentos regionals Iberoamericanos/Carbohydrates in regional ibero-american food. **EDUSP,** São Paulo, 646 p., 2006.

LAURISTON, R. Gelatinization Temperatures for Adjuncts. Postado para HBD #2092, 7/9/96, porrobtrisch@mindlink.bc.ca, 1996.

LAVOREL, O.; FEKETE, J.; LEUILLET, M. A comparative study concerning the utilization of pellets of different diameters by the weaned piglet. 14th French Swine Research Day. **Institut National de la Recherche Agronomique**, p.36, 1984.

LEIBBRANDT, V.C.; EWAN, R.C.; SPEER, V.C.; ZIMMERMAN, D.R. Effect of weaning and age at weaning on baby pig performance. **Journal of Animal Science**, v.40, n.6, p.1077-1080, 1975.

LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P. Effects of climatic conditions on the performance, metabolism and health status of weaned piglets: a review. **Livestock Production Science**, v.38, p.79-90, 1994.

LINDEMANN, M.D.; CORNELIUS, S.G.; EL KLANDELGY, S.M.; MOSER, R.L.; PETTIGREW, J.E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, v.62, p.1298-1307, 1986.

LOBO, A.R.; SILVA, G.M.L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição de Campinas**, v.16(2), p. 219-226, abr./jun., 2003.

LOVATTO P.A. Nutrição e alimentação, **Suinocultura geral**. cap. 05 p.63-83, 2002.
LUDKE, J.V.; BERTOL, T.M. e SCHEUERMANN, G.N. Manejo da alimentação. Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho. **Brasília: Embrapa-SPI; Concórdia: Embrapa-CNPSA**, 388p. 1998.

MAHAN, D.C.; LEPINE, A.J. Effect of pig weaning weight and associated feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1370-1378, 1991.

MAKKINK, C.; NEGULESCU, G.P.; GUIXIN, Q.; VERSTEGEN, M.W.A. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. **British Journal of Nutrition,** v.72, p.353-368, 1994.

MASKAN M.; ALTAN A. Advances in food extrusion technology. In: CAMIRE, M.E.; Nutrition changes during extrusion cooking. **CRC Press, Taylor e Francis Group**, New York, p.87-101, 2011.

MATEOS, G. G.; MARTÍN, F.; LATORRE, M. A. et al. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. **J. Anim. Sci**., v. 82, p. 57-63, 2006.

MAXWELL, C. V. Jr. and CARTER, S. D. Feeding the weaned pig. Swine Nutrition. 2nd ed. CRC Press LLC., Boca Raton FL, 2nd ed. p. 691-715, 2001.

MEDEL, P; LATORRE, M.A.; DE BLAS, C. et al. Heat processing of cereals in mash or pellet diets for young pigs. **Animal Feed Science and Technology**. v.113, p.127-140, 2004.

MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, v. 17, p. 20-22, 2001.

MORAN, E.T. Pelleting affects feed and its consumption**. World Poultry**, v.5, p.30-31, 1987.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; COELHO, D.T. et al. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. **R. Soc. Bras. Zootec**., v. 23, p. 916-929, 1994.

NELSON, D.L., COX, M.M. Lehninger. Princípios de Bioquímica. 5º Ed. São Paulo, Sarvier, 2011.

PAES, M.C.D.; TEIXEIRA, F.F.; BARBOSA, N.A. et al. Composição de amilose em germoplasma de milho tropical. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4.** Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos. ABMS, 2010. Goiânia, 2010.

PATIENCE, J. F.; ZIJLSTRA, R. T.; BEAULIEU, D. Feeding growing and finishing pigs to maximize net income. **Advances in Pork Production**, v.13, p. 61, 2002.

PATRIDGE, I.G. Alternative feeding strategies for weaner pigs. In: Manipulation of Pig Production (Eds. BARNETT, J.L.; HENNESSY N.D.D.P.). **Australian Pig Science Association**. Vitoria, p.160-169, 1989.

PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J.; WILLIANS, I.H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. **Livestock Production Science**, v.51, p. 215-236, 1997.

PRESTLOKKEN, E., ORUTVIKLING, F. 2012. Expander treatment. **HFE 305 Feed Manufacturingtechnology**.http://www.umb.no/statisk/iha/kurs/nova/feed_technology/4.pdf. On line 2012.

RICHARDS, J.D.; GONG, J.; DE LANGE, C.F.M. The gastrointestinal microbiota and its role in monogastric nutrition and health with an emphasis on pigs: current understanding, possible modulations, and new technologies for ecological studies. **Journal of Animal Science.** V. 85, p. 421–435, 2005.

ROCHA, L. O. **Suínos na fase de creche alimentados com rações extrusadas com e sem flavorizantes: Desempenho e digestibilidade.** 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2009.

SAUER, W.C.; MOSENTHIN, R.; PIERCE, A. B. The utilization of pelleted, extruded, and extruded and repelleted diets by early weaned pigs. **An. Feed Sci. and Tech**., v. 31, p. 269, 1990.

SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL – SINDIRAÇÕES. Relatório Anual – 2012. Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/categorias/anual-report. Acesso em 08 dez. 2013.

SINGH, N., SINGH, J., KAUR, K. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81(2), p. 219–231, 2003.

SINGH, S.; GAMLATH, S. AND WAKELING, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **J of Food Sci and Tech**, v. 42, p. 916-929, 2007.

SKOCH, E. R.; BINDER, S.F.; DEYOE, C. W. et al. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. **J. Anim. Sci**., v. 57, p. 922-928, 1983.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S. et al. **Suinocultura Intensiva**: Produção, Manejo e Saúde do Rebanho. Brasília: EMBRAPA, 1998, p.135-162.

SOLÀ-ORIOL, D.; ROURA, E. and TORRALLARDONA, D. Feed preference in pigs: Effect of cereal sources at different inclusion rates**. J. Anim. Sci**, v. 87, p. 562–570, 2009.

STEIDINGER, M. U., GOODBAND, R. D., TOKACH, M. D. et al. Effects of pelleting and pellet conditioning temperature on weanling pig performance. **Journal of Animal Science,** v. 78, p. 3014–3018, 2000.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. DUKES fisiologia dos animais domésticos. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 856p. 1996.

TRAYLOR S. L., S. L. JOHNSTON, K. C. BEHNKE, J. D. HANCOCK, P. SORRELL, J. R. FROESTSCHNER, F. J. FAIRCHILD, R. H. HINES. Diet complexity and conditioning method affect growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. **Journal of Animal Science,** p. 72, 1996.

TRINDADE NETO, M.A.; BARBOSA, H.P.; PETELINCAR, I.M. et al. Dietas para leitões nas fases de creche e diferentes idades ao desmame. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.672-680, 2002.

VAN BARNEVELD, R.J.; BATTERHAM, E.S. and NORTON, B.W. The effect of heat on amino acids for growing pigs. 1. A comparison of ileal and faecal digestibilities of amino acids in raw and heat-treated field peas (Pisum sativum cultivar Dundale). **Br. J. Nutr.** v. 72, p. 221–241, 1994.

VELOSO, J.A.F., MDEIROS, S.L.S., AROUCA, C.L.C., RODRIGUEZ, N.M., SALIBA, E.O.S., OLIVEIRA, S.G., Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, p.623-633, 2005.

VICENTE, B.; VALENCIA, D.G.; PÉREZ-SERRANO, M. et al. The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. **J. Anim. Sci**., v. 86(1), p. 119-126, 2008.

VIOLA, E.S. e VIEIRA, S. L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: **Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suinos.** CBNA. 12-14 de Nov.2003. Campinas. p. 255-284, 2003.

WANG L.; WANG H.; LI H. Fuzzy Comprehensive Evaluation Model for Estimating the Quality of Extruded Corn Used as Animal Feed Ingredient. **ASABE Annual International Meeting,** Paper number 131595279. Kansas City, Missouri, 2013.

WOLTER, B. F, e M. ELLIS. The effects of weaning weight and rate of growth immediately after weaning on subsequent pig growth performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 363–369, 2001.

SUREK, D. **Peletização de dietas pré-iniciais para leitões desmamados**. 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

CAPÍTULO 2

DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DAS RAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO E A DIGESTIBILIDADE EM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DAS RAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO E A DIGESTIBILIDADE EM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

RESUMO – O objetivo do trabalho foi avaliar o impacto do processamento térmico de extrusão do milho e do farelo de soja e do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial, sobre a digestibilidade e o desempenho zootécnico de leitões na fase de creche. Foram utilizados 432 animais (50% machos e 50% fêmeas), híbridos comerciais (AGPIC 337 x Camborough 25) com peso inicial de 6,70 ± 0,70 kg aos21 dias de idade. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3 (dois pré-processamentos e três condicionamentos da ração), totalizando 6 tratamentos com 12 repetições de 6 animais cada (3 machos e 3 fêmeas). Considerou-se como tipos de pré-processamento o milho e farelo de soja comuns (MFSC) e milho e farelo de soja extrusados (MFSE). Os condicionamentos testados foram: não condicionadas (NC), com condicionamento térmico e mecânico (CTM), e com condicionamento mecânico (CM). Na formação dos blocos foram adotados os pesos iniciais ao alojamento. Foram avaliados os períodos de 21 a 42, 42 a 63 e 21 a 63 dias de idade dos animais. No período de 21 a 42 dias de idade, observou-se que o pré-processamento por extrusão do milho e farelo de soja melhorou o ganho de peso diário (GDP) em 36,63%, a conversão alimentar (CA) em 23,19% e o consumo de ração diário (CRD) em 3,72%, mantendo o mesmo efeito no período total. Em relação ao condicionamento da ração, para o mesmo período, a ração NC melhorou o GPD (398±33 vs. 374±31; 377±29g) e o CRD (348±57 vs. 305±70; 317±68g), em relação à com CTM e à com CM. Dos 42 aos 63 dias de idade, houve incremento apenas no GPD (10,02%) e no CRD (10,14%) para dietas com MFSE. Para o mesmo período, a CA da ração NC foi pior que a da com CTM e a da com CM (1,65±0,09 vs. 1,54±0,12; 1,53±0,14). Ao avaliar a digestibilidade da dieta, observou-se que a extrusão do milho e do farelo de soja melhorou o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (CDPB) (77,90 vs. 76,84%). Em relação ao condicionamento, a ração NC melhorou o coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) (81,80 vs. 80,40; 80,00%) e o CDPB (78,75 vs. 76,36; 77,00%) em relação ao da ração com CTM e da com CM. Por outro lado, a ração com CTM melhorou o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (CDEE) (70,45 vs. 68,67; 68,65%) em relação à NC e à com CM. A extrusão do milho e do farelo de soja das dietas pré-inicial e inicial melhorou o desempenho zootécnico dos leitões na fase de creche, enquanto que a ração não condicionada (NC) foi superior no período de 21 aos 42 dias de idade.

Palavras-Chave: dieta, extrusão, suíno, condicionamento, processamento térmico.

DIFFERENT METHODS OF PROCESSING OF FEED ON PERFORMANCE AND DIGESTIBILITY OF PIGLETS IN NURSERY PHASE

ABSTRACT- The objective of this study was to evaluate the impact of heat extrusion processing of corn and soybean meal and pelleting of pre-starter and starter diets on digestibility and growth performance of piglets in the nursery phase. 432 animals (50% males and 50% females), commercial hybrids (AGPIC 337 x Camborough 25) with initial weight of 6.70 ± 0.70 kg at 21 days of age were used. The experimental design was randomized blocks, factorial 2 x 3 (two preprocessing and three conditioning), totaling 6 treatments with 12 replicates of 6 animals (3 males and 3 females). It was considered as types of preprocessing corn and soybean meal common (CCS) and corn meal and extruded soybeans (ECS). The conditioning were tested: no conditioning (NC), mechanical and thermal conditioning (TMC), and mechanical conditioning (MC). The initial weights of piglets housed were adopted in the formation of blocks. Periods 21-42, 42-63 and 21-63 days of age the animals were evaluated. Within 21 to 42 days of age, it was observed that the pre-processing for the extrusion of corn and soybean meal improved daily weight gain in 36.63%, feed conversion in 23.19% and feed intake diary at 3.72 %, maintaining the same effect in the total period. Regarding the heat treatment of feed for the same period, the NC diet improved daily weight gain (398 ± 33 vs. 374 ± 31; 377 ± 29g) and daily feed intake (348 ± 57 vs. 305 ± 70; 317 ± 68g) compared to the TMC and to the MC. From 42 to 63 days of age, there was an increase only in daily weight gain (10.02%) and daily feed intake (10.14%) for the ECS. Feed conversion of the NC was worse than TMC and MC (1.65 ± 0.09 vs 1.54 ± 0.12; 1.53 ± 0.14). When evaluating the digestibility of the diet, it was observed that the extrusion of corn and soybean meal improved the digestibility of crude protein (77.90 vs.76.84%). Regarding the heat treatment, the NC diet improved the digestibility of dry matter (81.80 vs 80.40; 80.00%) and digestibility of crude protein (78.75 vs. 76.36; 77.00%) compared to TMC and MC, while the TMC improved the digestibility of crude fat (70.45 vs. 68.67; 68.65%) compared to the NC and MC diets. The extrusion of corn and soybean meal of pre-starter and starter diets improved growth performance of piglets in the nursery phase, while the performance of the no conditioning diet was higher at 21 to 42 days old of piglets.

Keywords: diet, extrusion, swine, conditioning, thermal processing

2.1- INTRODUÇÃO

Durante e após o desmame, os leitões são submetidos a inúmeras situações indesejáveis, como alterações sociais, ambientais e nutricionais (DONG & PLUSKE, 2007).

Somado a estes fatores está o desafio nutricional, quando o leitão receberá um alimento diferente à fase de lactente, o qual poderá levar a hipofagia e anorexia, com comprometimento no desempenho. As dietas de creche têm como base o milho e o farelo de soja, que irão fornecer o amido e o óleo vegetal em substituição à lactose e a gordura do leite, e também as proteínas vegetais (menos digestíveis) em substituição à caseína. Sendo assim, as dietas de creche devem ser elaboradas com ingredientes que se tornem substratos compatíveis às situações fisiológicas impostas pelo desmame (TRINDADE NETO et al, 2007).

O processamento correto do milho e de seus derivados influenciam na digestibilidade dos nutrientes da dieta. Dentre os principais processos de fabricação encontram-se as dietas fareladas, as granuladas, as peletizadas e as extrusadas, que podem ser secas, úmidas e líquidas (COSTA et al., 2006). Através do método de extrusão, obtêm-se amidos modificados com maiores valores de solubilidade em água e com alta capacidade de absorver água, em virtude da gelatinização e dextrinização (PUPA, 2008).

O processamento do milho por calor rompe a estrutura cristalina que envolve o grânulo de amido e libera a amilose e amilopectina, facilitando a ação enzimática da amilase no processo de digestão e absorção (LOBO & SILVA, 2003).

Rocha (2009) em seus trabalhos com leitões de creche constatou que os animais que receberam ração extrusada apresentaram melhor eficiência

alimentar e menor custo de produção em relação aos que receberam ração sem extrusão.

Sendo assim, o uso de dietas extrusadas pode melhorar o desempenho dos leitões, uma vez que propiciam maior gelatinização do amido e desnaturação proteica, o que promove maior digestibilidade dos nutrientes por facilitar a atividade das enzimas digestivas. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de dois tipos de processamentos da ração, a extrusão e o condicionamento termomecânico, sobre o desempenho zootécnico e digestibilidade da dieta, em leitões na fase de creche.

2.2 **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (CEUA-SCA/UFPR), n. 038/2014.

2.2.1 Animais e Instalações

O experimento foi realizado nas instalações de creche do Centro Tecnológico Agropecuário (CTA) de propriedade da Empresa BRF S.A., localizado na cidade de Videira em Santa Catarina. Foram utilizados 432 leitões (50% machos e 50% fêmeas), híbridos comerciais (AGPIC 337 x Camborough 25) com peso inicial de 6,70 ± 0,70 kg e 21 dias de idade. Os leitões foram identificados com brincos numerados e mantidos do desmame, com 21 dias, até os 63 dias de idade em baias, com 6 animais cada, totalizando 72 baias. As baias eram de piso plástico ripado com

área de 2,25 m^2, bebedouro tipo chupeta, comedouro tipo calha (0,25 cm/animal) e aquecimento a gás.

2.2.2 Matérias primas e dietas experimentais

As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais segundo Rostagno et al. (2011). Foi adotado um programa alimentar com 4 tipos de ração e as seguintes quantidades por animal: pré-inicial 1= 1,5 kg; pré-inicial 2= 4 kg; pré-inicial 3= 6 kg e inicial à vontade até saída da creche; não foi limitado o consumo de cada ração, ou seja, a medida que era consumida a quantidade proposta de cada tipo de ração, imediatamente iniciava-se a próxima. Os tratamentos experimentais consistiram de seis dietas, as quais não variaram em termos de formulação (Tabela 1), mas apenas no pré-processamento do milho e do farelo de soja e no condicionamento. O milho e o farelo de soja que não passaram pela extrusora foram denominados como comum (MFSC), já os que passaram pela extrusora foram denominados extrusados (MFSE). A dieta que não passou por peletização foi denominada: não condicionada (NC); se a dieta passou por peletização a vapor foi denominada: com condicionamento térmico e mecânico (CTM); e finalmente se a dieta passou por peletização sem vapor foi denominada: com condicionamento mecânico (CM). Os tratamentos experimentais foram: T1- dieta farelada com MFSC; T2- dieta com MFSC com condicionamento térmico e mecânico; T3- dieta com MFSC com condicionamento mecânico; T4- dieta com MFSE não condicionada; T5- dieta com MFSE com condicionamento térmico e mecânico; T6- dieta com MFSE com condicionamento mecânico.

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas pré-inicial e inicial com base na matéria natural

Rações		Pré-inicial 1	Pré-inicial 2	Pré-inicial 3	Inicial
Ingredientes		kg/100 kg	kg/100 kg	kg/100 kg	kg/100 kg
Milho		48,07	54,28	58,58	63,55
Soro de leite em pó		15,89	10,60	4,12	-
Farelo de soja 46%		14,70	17,70	27,20	29,50
Far soja microniz 4%		7,50	6,30	-	-
Farelo de bolacha		4,05	1,50	-	-
Plasma sanguíneo		4,00	2,00	2,00	-
Óleo de soja		2,20	3,00	4,30	3,50
Fos monobicálc 20%		1,10	1,35	1,40	1,05
Calcário calcítico		0,69	0,76	0,80	1,09
L-lisina HCL 78,8%		0,44	0,50	0,34	0,37
DL-metionina 99%		0,34	0,77	0,20	0,11
Óxido de zinco 79%		0,34	0,30	0,24	-
L-Valina 96,5%		0,17	0,16	0,07	-
Sal refinado		0,15	0,35	0,45	0,58
Premix vit/min2		0,18	0,18	0,18	0,14
Cloreto de colina 60%		0,11	0,10	0,06	-
L-Treonina 98,5%		0,05	0,13	0,06	0,12
Antioxidante BHT/BHA		0,02	0,02	0,01	-
Valores nutricionais	Unidade				
Energia metabolizável	Mcal/Kg	3,50	3,50	3,45	3,40
Proteína bruta	%	19,40	18,91	19,78	19,24
Extrato etéreo	%	6,38	6,87	7,00	6,30
Cálcio	%	0,66	0,70	0,70	0,83
Fósforo disponível	%	0,45	0,45	0,43	0,43
Sódio	%	0,26	0,26	0,24	0,25
Lactose	%	11,00	7,00	2,50	
Matéria mineral	%	4,90	4,61	4,48	4,22
Lisina digestível	%	1,40	1,30	1,25	1,15

[2]Mistura Vitamínica e Mineral, conteúdo por kg de ração: Vit. A, 9000 UI; Vit. D3, 1500 UI; Vit. E, 100mg; Vit. K3, 2,5mg.; Vit. B2, 4,0mg.; Vit. B12, 0,04mg.; Ác. Pantotênico, 18mg.; Ac. Nicotínico, 32mg.; Se, 0,33mg.; Mg, 2,40mg.; Cu, 18mg.; Fe, 90mg.; Zn, 90mg.; I, 0,30mg.; Sulfato de colistina 100 mg.

2.2.3 Pré-processamento: extrusão do milho e farelo de soja

Foram pesadas 20 ton de milho e 8 ton de farelo de soja e submetidos à moagem individual em moinho de martelos (9660 2- Calibras, Campinas, SP– 17

ton/hora produção) equipado com 128 martelos e peneiras com diâmetro de furo de 3mm, além de motor de 150 HP (1800 rpm). Em seguida foram dosados conforme inclusão em cada fórmula de ração e misturados por 90 segundos em misturador helicoidal (MSH 2000 – Calibras, Campinas, SP - capacidade de 4 ton produção/hora), Esta mistura homogênea de milho e farelo de soja foi denominada pré-mistura. Que posteriormente foi direcionada à máquina extrusora (E200R - Ferraz, Ribeirão Preto, SP- 3 ton/hora de produção) motor de 125 HP para processamento por extrusão. A pré-mistura foi armazenada em silos pré-moagem e, em seguida, passou por nova moagem para reduzir o diâmetro geométrico médio (DGM) em moinho de martelos (M700 - Ferraz, Ribeirão Preto, SP- 5 ton/hora de produção) com 108 martelos, motor de 250 HP e peneira de 1,5 mm; desta forma a pré-mistura ficou preparada para passar pela extrusora, ficando com DGM médio de 278 ± 20 µ. Metade deste volume foi reservado, e a outra parte submetida ao processo de extrusão (denominado de pré-processamento) em máquina extrusora. A pré-mistura foi direcionada aos silos dosadores da extrusora e depois ao condicionador; neste local passou por hidratação (20 a 30% de umidade) e aquecimento com vapor de água (pressão de vapor de 2,5 Kgf/cm^2 e temperatura de 100 ºC). A pré-mistura foi submetida à homogeneização por cerca de 20 a 30 segundos, antes de ser transportada até o canhão da extrusora. Neste ponto, passou pela cocção final com temperatura entre 120 e 130ºC e pressão entre 35 e 37 atm.

A pré-mistura foi comprimida contra os orifícios da matriz, pelo sistema de rosca sem fim, a diferença de pressão entre o meio interno e externo, promove a passagem da massa para o meio externo, momento no qual além de ocorrer a

expansão da massa pela evaporação da água no seu interior a pré-mistura adquiriu o formato de pequenas bolas de 6 mm de diâmetro, sendo em seguida resfriadas e secas em secador a gás (GII 2200 - Ferraz, Ribeirão Preto, SP- 4 ton/hora de produção). Para que esta pré-mistura voltasse ao DGM original, foi submetida ao processo de pós-moagem, no moinho de martelos (M700 - Ferraz, Ribeirão Preto, SP- 5 ton/hora de produção) equipado com 108 martelos, motor de 250 HP e peneira de 1,0 mm (ficando em condição adequada para adição nas rações experimentais).

2.2.4 Condicionamento

Tanto a pré-mistura de milho e farelo de soja que estava reservada (sem extrusão) quanto à com extrusão foram adicionadas separadamente nas suas respectivas fórmulas de ração pré-inicial e inicial, conforme apresentado na Tabela 1. Após a mistura e confecção de cada ração experimental, as peletizações com adição e sem adição de vapor, foram realizadas em peletizadora (16 W x 175 CH – Chavantes, Chavante-SP, 2 a 10 ton produção/hora), equipada com motor de 125 HP e matriz de 500 mm, com furos de 4 mm de diâmetro. O condicionamento das dietas no vapor foi realizado com pressão de vapor de 1,5 kgf/cm^2 e temperatura média de 68ºC durante 15 segundos.

A temperatura (Tabela 2) das rações condicionadas foi medida diretamente nos peletes, cinco minutos após o início da produção de cada ração; para tanto, foi utilizado um recipiente hermeticamente fechado e um termômetro do tipo espeto (variação -50 a +300ºC).

Tabela 2: temperaturas médias do pré-processamento e do condicionamento.

Pré-processamento	Condicionamento		
	Térmico e mecânico (TºC)	Mecânico (TºC)	Média (TºC)
Milho e farelo de soja comum (TºC)	82,98	74,33	78,65
Milho e farelo de soja extrusado (TºC)	83,38	79,63	81,50
Média (TºC)	83,18	79,63	80,08

O processo foi finalizado na estação experimental, onde as dietas que foram condicionadas na peletizadora e possuíam a forma de peletes, nos tratamentos T2, T3, T5 e T6, foram remoídas em moinho tipo martelo com peneira de 1,5 mm (MOM 5630200-Calibras, Campinas-SP, 5 ton/hora produção) e, posteriormente, fornecidas fareladas aos animais. Os resultados de DGM estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3: Diâmetro geométrico médio (DGM) das rações do pré-processamento e do condicionamento:

Pré-processamento	Condicionamento			
	Não condicionada (µ)	Térmico e mecânico (µ)	Mecânico (µ)	Média (µ)
Milho e farelo de soja comum (µ)	360	383	391	378
Milho e farelo de soja extrusado (µ)	375	388	403	389
Média (µ)	368	385	397	383

2.2.5 Análise da ração

A ração oriunda dos diferentes tratamentos foi analisada para os seguintes parâmetros analíticos:

. Grau de gelatinização do amido (%): foi realizada análise em duplicata de cada ração experimental (8 amostras). Para determinação do amido total (%) e grau de gelatinização do amido (%). Utilizou-se o guia de métodos analíticos; método 27, do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2009. Sindirações, São Paulo, 2009;

. Lisina livre: foram coletadas 10 amostras por tratamento (6 tratamentos) e para cada tipo de ração experimental (4 rações), num total de 240 amostras. A média de lisina livre e total das racões pré-inicial foi ponderada pela quantidade de cada ração pré-inicial (decrito no ítem 2.2.6). As análises de aminoácidos totais e livres foram realizadas pela Ajinomoto do Brasil, através da técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC: High-performance liquid chromatography), segundo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal 2009. Sindirações, São Paulo, 2009.

. Tamanho de partícula: Para determinação do diâmetro geométrico médio (DGM) dos 24 exemplares de ração (6 tratamentos X 4 tipos de ração), utilizou-se o guia de métodos analíticos, método nº 28, do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2009. Sindirações, São Paulo, 2009;

. Grau de gelatinização do amido (%): foi realizada análise em duplicata de cada ração experimental (8 amostras). Para determinação do amido total (%) e grau de gelatinização do amido (%). Utilizou-se o guia de métodos analíticos; método 27, do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, 2009. Sindirações, São Paulo, 2009.

Tabela 4 – Amido total (%) e grau de gelatinização do amido (%) no pré-processamento e condicionamento das dietas pré-inicial e inicial.

	Pré-processamento		Dif B/A (%)	Condicionamento			Dif D/C (%)	Dif E/C (%)	Dif E/D (%)
	MFSC[1] (A)	MFSE[2] (B)		Não condicionada (C)	Térmico e mecânico (E)	Mecânico (D)			
21 a 42 dias de idade									
AT (%)[3]	47,09	45,72	-2,90%	47,17	44,65	47,39	0,46%	-5,35%	-5,79%
GGA(%)[4]	41,58	59,55	43,20%	47,64	50,59	53,47	12,25%	6,20%	-5,39%
42 a 63 dias de idade									
AT (%)	47,33	46,18	-2,42%	45,23	46,93	48,12	6,39%	3,76%	-2,47%
GGA(%)	50,25	73,94	47,14%	57,12	64,51	64,67	13,22%	12,93%	-0,25%

MFSC[1]- milho e farelo de soja comum; MFSE[2]- milho e farelo de soja extrusado; AT (%)[3]- amido total expresso em porcentagem; GGA (%)[4]– grau de gelatinização do amido expresso em porcentagem.

2.2.6 Desempenho zootécnico

Foi adotado um programa alimentar com 4 tipos de ração e com as seguintes quantidades por animal: pré-inicial 1= 1,5 kg; pré-inicial 2= 4 kg; pré-inicial 3= 6 kg e inicial até 63 dias de idade. As rações foram fornecidas à vontade. No caso das rações pré-inicial à medida que era consumida a quantidade proposta de cada tipo de ração, era imediatamente iniciado o fornecimento da próxima. Os animais foram pesados aos 28, 35, 42 e 63 dias de idade, respeitando-se um jejum prévio de sólidos de 12 horas.

Durante o período experimental os animais foram avaliados dos 21 aos 42 dias (fase das rações pré-inicial), dos 43 aos 63 dias (fase da ração inicial) e dos 21 aos 63 dias de idade, com relação ao seu desempenho por meio das seguintes variáveis: peso médio (PM), consumo médio diário de ração (CRD), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA). O consumo de ração foi determinado a cada semana por meio da diferença entre a quantidade de alimento fornecido e as sobras no comedouro.

2.2.7 Digestibilidade

Para determinar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes do alimento foi adicionado 1% de CeliteTM nas rações experimentais de cada tratamento (indicador externo indigestível à base de sílica) dos 35 aos 42 dias de idade. Durante os cinco primeiros dias os animais se adaptaram à dieta e nos três últimos foram coletadas as excretas pela manhã e à tarde. As fezes foram recolhidas diretamente do chão e acondicionadas em sacos de polietileno,

identificados com cada um dos 6 tratamentos e das 12 repetições, que foram pesados e armazenados em congelador a -4ºC.

Na sequência, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, até atingir seu peso constante. No laboratório do Departamento de Zootecnia da UFPR as amostras de fezes e rações foram moídas a 1 mm e foram realizadas análises para determinar os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB) descritos pela AOAC (1995). Para quantificação do indicador externo foi determinado a cinza insolúvel em ácido (CIA), utilizando o método gravimétrico adaptado proposto por Van Keulen & Young (1977).

Com os resultados laboratoriais, foram determinados os coeficientes de indigestibilidade da matéria seca, e, a partir destes, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, PB, EB e EE utilizando-se as equações propostas por Andrigueto (1986).

2.2.8 Delineamento e análise estatística

Delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 3 (dois pré-processamento do milho e farelo de soja e três tipos de condicionamento da ração), distribuídos em 6 tratamentos e 12 repetições. A baia foi considerada a unidade experimental composta por 6 animais, de ambos os sexos. Na formação dos blocos foram adotados os pesos iniciais.

Os dados de desempenho, digestibilidade e lisina livre foram submetidos à análise de variância. As diferenças entre as médias foram comparadas

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas por meio do programa SAEG.

2.3 **RESULTADO E DISCUSSÃO**

2.3.1 DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES

2.3.1.1 Avaliação da Digestibilidade de Nutrientes do Pré-Processamento

Na avaliação da digestibilidade, para o fator pré-processamento da ração, em leitões de 35 a 42 dias de idade, observou-se que o CDPB da dieta com MFSE foi 1,38% superior ao da dieta com MFSC (77,90 vs. 76,84%) ($p<0,01$; Tabela 5); porém, não houve diferença no CDMS, CDEE e CDEB ($p>0,05$; Tabela 5).

Resultado semelhante ao encontrado por Moreira et al (2001) ao realizar ensaio de digestibilidade, onde foi substituído 30% da dieta referência por farinha pré-gelatinizada de milho, utilizando o indicador óxido crômico, eles encontraram CDPB de 78,93%. Da mesma forma Sauer et al. (1990) trabalhando com leitões de creche com três semanas de idade e dietas peletizadas e extrusadas observaram que a digestibilidade da PB foi 6% melhor ($p<0,05$) nas dietas extrusadas (80,4 vs. 75,9%); entretanto, diferente do que ocorreu no presente trabalho, eles também encontraram melhoria de 3% na digestibilidade da energia (83,2 vs. 80,7%) ($p<0,05$); os autores atribuíram a melhoria em 8% no GPD e em 6% na CA para dietas extrusadas a estes resultados de digestibilidade. Em adição, Veloso et al. (2005) em estudos com digestibilidade de milho e farelo de soja expandidos e leitões de creche, encontraram melhor teor de PB do farelo de soja expandido (44,07 vs. 42,44 %); porém, não houve efeito para o milho expandido. Em

contrapartida, Chae et al. (1997) em estudos com leitões com cerca de 10kg de peso vivo, na fase de creche e consumindo dietas processadas, encontraram resultados diferentes para PB, ou seja, a ração peletizada obteve melhor CDPB (p<0,05) em relação à dieta extrusada e à farelada (76,05 vs. 70,29; 71,88%); porém, a digestibilidade da energia foi melhor para dietas extrusadas (68,81 vs. 64,51; 61,94%) (p<0,05); ambos diferentes do presente estudo. A melhoria na digestibilidade da proteína bruta pode ser explicada; pois, o incremento de temperatura e pressão, imprimidos durante o processo de extrusão do farelo de soja, contribuíram na digestibilidade proteica devido à desnaturação de proteínas que expõe novos sítios para o ataque enzimático, melhorando a digestibilidade dos aminoácidos (CHEFTEL, 1986).

Tabela 5 - Efeito do pré-processamento da ração pré-inicial 3 no coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes dos 35 aos 42 dias de idade

	Pré-Processamento		P[1]	CV[2]
	Sem extrusão do milho e farelo de soja	Com extrusão do milho e farelo de soja		
CDMS%[3]	80,82	80,68	>0,05	1,11
CDPB%[4]	76,84	77,90	<0,01	1,53
CDEE%[5]	69,14	69,37	>0,05	3,07
CDEB%[6]	81,99	82,07	>0,05	1,33

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; CDMS[3]-coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (%); CDPB[4]- coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (%); CDEE[5]-coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo (%); CDEB[6]: coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (%).

Esperava-se neste trabalho melhoria do CDEB, como foi referenciado nos estudos acima. Entretanto isto não ocorreu, possivelmente devido ao método empregado de digestibilidade total e não ileal e também ao excesso de temperatura no processamento. Logato et al (2009) comentaram que processos térmicos, como na extrusão e peletização, modificam a estrutura de carboidratos melhorando sua

utilização pelos animais. Porém, as condições de temperatura de processamento das rações, podem afetar a termo estabilidade de aditivos empregados, comprometendo o seu efeito (Souza et al., 2008). FADEL et al. (1988) estudaram o efeito da extrusão sobre a digestibilidade da cevada em suínos, e observaram que a extrusão proporcionou melhora significativa na digestibilidade ileal do amido. Entretanto, não ocorreu diferença na digestibilidade total, sugerindo que esta diferença entre a digestibilidade ileal e total do carboidrato, pode ser devido à fermentação do amido no intestino grosso, o qual escapou à digestão enzimática no intestino delgado.

2.3.1.2 Avaliação da Digestibilidade de Nutrientes do Condicionamento

Observou-se que a ração não condicionada apresentou o maior CDMS (81,80 vs. 80,42; 80,00%) e CDPB (78,75 vs 76,36; 77,00%) em relação à ração com condicionamento térmico e mecânico e à com condicionamento mecânico ($p<0,05$, Tabela 6).

Os resultados do CDMS e CDEB diferiram dos encontrados por Lundblad et al. (2011) que ao trabalharem com leitões desmamados até 36 dias de creche e dietas peletizada a 47ºC, peletizadas a 90ºC, expandida a 105ºC, extrusada a 120ºC e ração farelada, encontraram pior CDMS ($p<0,05$) para dieta farelada em relação às termo processadas e não obtiveram diferença no CDPB ($p>0,05$); porém o resultado do CDEB foi semelhante ao deste trabalho, ou seja, não houve diferença significativa.

Com relação ao CDEE observou-se que a ração com condicionamento térmico e mecânico obteve o maior CDEE (70,45 vs 68,67; 68,65%) em relação à

ração não condicionada e à com condicionamento mecânico (p<0,01; Tabela 6). Apesar disto, não foi observado melhoria de desempenho dos animais que consumiram esta ração no período de 21 a 42 dias de idade. A maior digestibilidade da gordura é resultado da ruptura dos grânulos de amido e maior disponibilidade da gordura para digestão, que neste caso, foi causada pelo duplo processamento da ração; iniciado com a extrusão do milho e farelo de soja a temperaturas entre 120 e 130ºC e, na sequência, peletização da ração com condicionamento inicial a 60ºC e peletização final com temperatura média de 83,18ºC (Tabela 2). Adams & Jensen (1984) sugerem que o melhor resultado de digestibilidade do extrato etéreo seja originado da ruptura das membranas celulares, através da pressão mecânica exercida pela extrusão da dieta, tornando a gordura mais disponível para digestão.

Tabela 6 - Efeito do condicionamento da ração pré-inicial 3 no coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes dos 35 aos 42 dias de idade.

	Condicionamento			P[1]	CV[2]
	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico		
CDMS%[3]	81,80A	80,42B	80,00 B	<0,01	1,11
CDPB%[4]	78,75A	76,36B	77,00B	<0,01	1,53
CDEE%[5]	68,67B	70,45A	68,65B	<0,01	3,07
CDEB%[6]	81,86	81,86	82,28	>0,05	1,33

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; CDMS[3]-coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (%); CDPB[4]- coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (%); CDEE[5]-coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo (%); CDEB[6]: coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (%). Médias na linha seguidas de letras maiúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

2.3.1.3 Interação entre Pré-Processamento e Condicionamento para o CDMS

Observou-se interação para CDMS (p<0,01), ou seja, quando a ração foi composta por MFSC a ração com condicionamento mecânico apresentou pior CDMS em relação às dietas não condicionada e com condicionamento térmico e mecânico (79,78±1,00 vs. 81,15±0,96; 81,10±0,70); porém estas duas últimas

médias foram iguais (p<0,05, Tabela 7). Por outro lado, quando a ração pré-processada foi composta por MFSE, a ração não condicionada apresentou maior CDMS em relação à ração com condicionamento térmico e mecânico e à com condicionamento mecânico (82,45±0,55 vs. 80,24±1,06); estas duas últimas médias foram iguais entre si (p<0,05, Tabela 7). Através do desdobramento da interação observou-se ação favorável para a ração não condicionada dos 35 aos 42 dias de idade.

Tabela 7 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para coeficiente de digestibilidade da matéria seca expresso em percentual (CDMS%).

Pré-processamento	Condicionamento			Média
	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico	
Milho e farelo de soja comum	81,15a	81,10a	79,78b	80,68
Milho e farelo de soja extrusado	82,45a	79,76b	80,24b	80,82
Média	81,80	80,42	80,00	80,75

Médias na coluna ou linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

2.3.1.4 Avaliação da Lisina Livre

De acordo com os resultados de lisina livre das dietas pré-inicial e inicial, com relação ao fator pré-processamento, observou-se que no período de 21 a 42 dias de idade o melhor resultado foi obtido na ração com MFSE (p<0,05; Tabela 8) em relação às com MFSC (0,28 vs. 0,20%), ocorrendo o mesmo efeito no período seguinte. Sendo assim, a lisina não foi limitante para o desempenho dos animais que consumiram dietas com milho e farelo de soja extrusados, muito pelo contrário, contribuiu desta forma para os resultados de GPD e CA. Por outro lado, pela menor

disponibilidade, pode ter limitado o desempenho dos animais que consumiram dietas com milho e farelo de soja comum.

Resultados semelhantes aos encontrados por Train et al. (2007), que observaram em seus estudos com rações para cães, que a quantidade de lisina complexada (lisina total menos lisina livre) na média das rações extrusadas e peletizadas foi de 120 e 200 g/kg respectivamente; os autores ainda encontraram correlação positiva entre a densidade dos extrusados e lisina livre ($R=0,59$; $p<0,01$). Um indicativo da presença de reação de Maillard é a quantidade de lisina livre no alimento, a qual pode estar associada ao menor GPD das dietas condicionadas dos 21 aos 42 dias de idade. Como foi comentado anteriormente o duplo processamento pelo qual passaram as rações condicionadas (extrusão e condicionamento na peletizadora) provavelmente tenha causado redução da lisina livre pela sua complexação com carboidratos; pois, a ração pré-inicial possuía grande quantidade de soro de leite e açúcar.

Van Barneveld e Batterham (1994) observaram em seus estudos com digestibilidade de aminoácidos e aquecimento da ração, a 0, 110, 135, 150 e 165ºC, que o aquecimento deprimiu linearmente a quantidade de lisina total, de 14,6 para 8,7 g/kg de ração nos extremos de temperatura, assim como a lisina reativa reduziu de 1,0 para 0,7 g/16g N, quando a temperatura passou de 0 para 165ºC. Os autores sugerem que estas perdas ocorreram devido às reações de Maillard iniciais e avançadas. Em adição Singh et al. (2007) comentam que para se obter níveis aceitáveis de perda de lisina durante a extrusão, é necessário evitar temperatura superior a 180ºC, e umidade inferior a 15%; assim como, manter baixa quantidade de açúcares redutores na formulação.

Tabela 8 - Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial na quantidade de lisina total e livre disponível na dieta (% na matéria natural).

Período	Pré-processamento		P¹	CV²
	Sem extrusão do milho e farelo de soja	Com extrusão do milho e farelo de soja		
21 a 42 dias de idade				
Lisina total (%)	1,23	1,29	-	-
Lisina livre (%)	0,20	0,28	<0,05	8,7
42 a 63 dias de idade				
Lisina total (%)	1,14	1,18	-	-
Lisina livre (%)	0,22	0,29	<0,05	26,09

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação.

Quanto aos resultados de lisina livre para o fator condicionamento, observou-se que no período de 21 a 42 dias o melhor resultado foi obtido na ração não condicionada quando comparada às dietas com condicionamento térmico e mecânico e às com condicionamento mecânico (0,27 vs. 0,23; 0,23%), sendo que estas duas últimas médias foram semelhantes entre si (p<0,05; Tabela 9). Porém no período de 42 a 63 dias a ração com condicionamento mecânico obteve a maior quantidade de lisina livre em relação as demais (0,30 vs 0,22; 0,24%) (p<0,05; Tabela 9).

Tabela 9- Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial na quantidade de lisina total e livre disponível na dieta (% na matéria natural).

Período	Condicionamento			P¹	CV²
	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico		
21 a 42 dias de idade					
Lisina total (%)	1,28	1,27	1,23	-	-
Lisina livre (%)	0,27A	0,23B	0,23B	<0,05	8,7
42 a 63 dias de idade					
Lisina total (%)	1,16	1,16	1,16	-	-
Lisina livre (%)	0,22 B	0,24B	0,30A	<0,05	26,09

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; Médias na linha seguidas de letras maiúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Avaliando-se o período de 42 a 63 dias de idade, observou-se interação entre pré-processamento e condicionamento da dieta; ou seja, a combinação ração com MFSC e a ração com condicionamento mecânico obteve-se o maior percentual de lisina livre (p<0,05, Tabela 10) quando comparado às não condicionadas e às com condicionamento mecânico (0,29 vs. 0,16; 0,20%); sendo que estas duas últimas médias não diferiram entre si. Entretanto, quando a ração pré-processada era composta por MFSE não houve diferença entre os condicionamentos. A interação mostrou ação favorável do pré-processamento com extrusão do milho e farelo de soja (MFSE). DELGADO-ANDRADE et al (2010) trabalhando com dieta pré-inicial para leitões lactentes, contendo 15% de trigo extrusado, observaram redução de 36% na lisina livre na dieta peletizada em relação à farelada, sendo que a temperatura de peletização ficou entre 60 e 65ºC; também observaram maiores níveis de hidroximetilfurfural, furfural e furosina nas dietas peletizadas; evidenciando, assim, a ocorrência da reação de Maillard.

Tabela 10 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento da ração para lisina livre do período de 42 a 63 dias de idade dos animais (% na matéria natural).

Pré-processamento	Condicionamento			Média
	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico	
Milho e farelo de soja comum	0,16 b	0,20 b	0,29 a	0,22
Milho e farelo de soja extrusado	0,29 a	0,27 a	0,30 a	0,29
Média	0,22	0,24	0,30	0,25

Médias na linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

2.3.2 PRÉ-PROCESSAMENTO

No período de 21 a 42 dias de idade dos leitões, o consumo de ração diário foi significativamente maior (p<0,05, Tabela 11) nos animais que receberam

dietas com milho e do farelo de soja extrusados (390±27 vs. 376±36) em relação aos que consumiram milho e farelo de soja sem extrusão. Este efeito se manteve no período de 42 a 63 dias de idade (1010±92vs. 917±93) (p<0,01, Tabela 11) e também no período total (699±51 vs. 647±51) (p<0,01, Tabela 11).

Cruz et al. (2009) em trabalhos com leitões de creche com 6 e 15 kg de PV e processamento de milho, observaram maior consumo de ração para os milhos extrusados (0,543 vs. 0,488g) em comparação ao milho comum (p<0,05). Por outro lado, Santos et al. (2005) não encontraram diferença em desempenho de leitões de creche, dos 22 aos 45 dias de idade, alimentados com amido pré-gelatinizado de milho na substituição de 0, 20, 40 e 60% do milho comum; os autores sugeriram que a causa para esse efeito pode ter ocorrido devido ao desperdício de ração, e a formação de placa pegajosa aderida à boca do animal, a qual era expelida.

Tabela 11 - Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial no consumo de ração diário (CRD) de leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).

Período		Pré-Processamento		P[1]	CV[2]
		Sem extrusão do milho e farelo de soja	Com extrusão do milho e farelo de soja		
21 a 42 dias de idade	CRD[3] (g)	376±36	390±27	<0,05	7,61
42 a 63 dias de idade	CRD[3] (g)	917±93	1010±92	<0,01	9,53
21 a 63 dias de idade	CRD[3] (g)	647±51	699±51	<0,01	5,90

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; CRD[3] - consumo de ração médio diário.

No período de 21 a 42 dias de idade, observou-se que os animais que consumiram dietas com milho e farelo de soja extrusados obtiveram maior ganho de peso diário (373±40 vs. 273±48), quando comparado com aqueles que receberam dietas com milho e farelo de soja comum (p<0,01, Tabela 12). Este efeito se manteve no período de 42 a 63 dias de idade (637±39 vs. 579±52) e também no

período total (505±34 vs. 426±30) (p<0,01, Tabela 12). O maior ganho de peso dos animais que receberam dietas com milho e farelo de soja extrusados possivelmente seja devido ao maior consumo de ração e melhor digestibilidade da dieta. Resultados semelhantes aos encontrados por Moreira et al. (1993d) nos estudos com leitões de 21 a 42 dias de idade, eles observaram que a substituição de 50% do milho comum por milho extrusado melhorou o ganho de peso diário em 20,55% e o consumo de ração em 13,42%. Da mesma forma, Teodoro et al. (2008) observaram tendência de maior ganho de peso (22,2%) em leitões que consumiram ração extrusada úmida em relação à não extrusada, dos 22 aos 28 dias de idade, com manutenção deste efeito na fase inicial.

O peso médio dos animais que consumiram dietas com milho e farelo de soja extrusados foi significativamente maior (p<0,01, Tabela 12) tanto no período de 21 a 42 dias de idade (14,57±1,32 vs. 12,47±1,20), quanto no período de 42 a 63 dias de idade (27,90±1,91 vs. 24,63±1,59) (p<0,01, Tabela 12). Resultado do melhor desempenho zootécnico dos animais que consumiram as dietas com extrusados, conforme discutido anteriormente.

Tabela 12 - Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial no ganho de peso diário (GPD) e peso médio (PM) de leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).

Período		Pré-Processamento		P[1]	CV[2]
		Sem extrusão do milho e farelo de soja	Com extrusão do milho e farelo de soja		
21 a 42 dias de idade	GPD[3] (g)	273±48	373±40	<0,01	12,8
42 a 63 dias de idade	GPD[3] (g)	579±52	637±39	<0,01	7,06
21 a 63 dias de idade	GPD[3] (g)	426±30	505±34	<0,01	5,95
21 a 42 dias de idade	PM[4] (Kg)	12,47±1,20	14,57±1,32	<0,01	6,41
42 a 63 dias de idade	PM[4] (Kg)	24,63±1,59	27,90±1,91	<0,01	6,68

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; GPD[3] – ganho de peso diário. PM[4] – peso médio. O peso médio inicial (PI) foi igual para todos os tratamentos.

A conversão alimentar (CA) dos leitões que consumiram dietas com milho e farelo de soja extrusado (MFSE) foi melhor ($p<0,01$, Tabela 13) de 21 a 42 dias de idade (1,06±0,12 vs. 1,38±0,31) e no período total do trabalho (1,38±0,03 vs. 1,49±0,09) quando comparado aos que receberam ração com milho e farelo de soja comum (MFSC) ($p<0,01$, Tabela 13). Porém não houve diferença significativa dos 42 aos 63 dias de idade dos animais ($p>0,05$, Tabela 13). Este resultado foi semelhante ao encontrado por Moreira et al (1993) ao trabalharem com dietas processadas para leitões de 21 a 42 dias de idade, eles obtiveram CA 10,26% inferior nos animais que consumiram ração com substituição da metade do farelo de soja e do milho comum por soja integral e milho extrusado quando comparado com dietas contendo apenas farelo de soja e milho comum (1,40 vs. 1,56). Entretanto, diferiu de Mateos et al. (2005) que ao trabalharem com leitões de 21 a 35 dias de idade, observaram que a conversão alimentar dos animais que consumiram dietas extrusadas foi 9,68% melhor em relação à daqueles que receberam ração sem extrusão, porém a diferença não foi significativa.

Os resultados mostram que a extrusão do milho e do farelo de soja propicia melhor aproveitamento de nutrientes no pós-desmame, período em que os animais possuem menor capacidade digestiva, entretanto à medida que ocorre o amadurecimento do sistema digestivo, em função da idade, os animais se tornam mais eficientes em digerir dietas mais simples e menos digestíveis, que neste estudo foi representada pela ração inicial com MFSC, que foi fornecida a partir dos 42 dias de idade. Segundo Costa et al (2006) a extrusão promove aumento na disponibilidade dos nutrientes, facilitando a hidrólise enzimática.

Um dos fatores que aumenta a digestibilidade dos nutrientes pode ser atribuído à gelatinização do amido, que apesar deste trabalho não ter sido avaliado estatisticamente, observou-se aumento nas dietas extrusadas; ou seja, para o pré-processamento com MFSE, o GGA foi superior em 43,20 e 47,14%, respectivamente, nos períodos de 21 a 42 e 42 a 63 dias em relação ao MFSC (Tabela 4). Isto pode ter influenciado nos resultados de CA obtidos neste trabalho, pelo melhor aproveitamento do amido destas dietas.

Moritz et al. (2005) observaram que diferentes condições de processamento (temperatura mais alta e força de cisalhamento) podem afetar a taxa de gelatinização; quando os autores condicionaram o milho a 65,6ºC, seguido de uma peletização, puderam observar que o percentual de gelatinização do amido aumentou de 0% para 28,58%; por outro lado, quando o mesmo milho foi submetido à extrusão (temperatura da câmara de extrusão ajustada para 48, 90, 120, 150, 142 e 152ºC) o percentual de gelatinização atingiu 91,52%. Da mesma forma, MOREIRA et al (1994) em seu trabalho com leitões na fase de creche, dos 21 aos 42 dias de idade, alimentados com dietas contendo 100% do milho extrusado, observaram valores mais baixos de carboidratos solúveis nas fezes do que os animais que comeram rações apenas com milho comum (2,26% vs. 3,35%) sugerindo que houve melhor aproveitamento do amido destas rações.

Na tentativa de explicar os melhores resultados do milho pré-gelatinizado, Branco et al. (2006) observaram em seus estudos com leitões de 21 a 56 dias de vida que a altura das vilosidades do duodeno e do jejuno foi significativamente maior nos animais que consumiram milho pré-gelatinizado em relação ao milho comum, os autores concluíram que o maior tamanho das

vilosidades proporciona maior capacidade de absorção de nutrientes. Portanto, este aumento da disponibilidade de nutrientes é importante no pós-desmame dos leitões, visto que o seu sistema enzimático encontra-se imaturo devido à baixa idade de desmame, o que de certa forma dificulta a digestão dos nutrientes (BOUDRY et al., 2004).

Tabela 13 - Efeito do pré-processamento das dietas pré-inicial e inicial na conversão alimentar (CA) de leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).

Período		Pré-Processamento		P¹	CV²
		Sem extrusão do milho e farelo de soja	Com extrusão do milho e farelo de soja		
21 a 42 dias de idade	CA[3] (kg kg-1)	1,37±0,31	1,05±0,12	<0,01	16,5
42 a 63 dias de idade	CA[3] (kg kg-1)	1,57±0,16	1,58±0,10	>0,05	7,28
21 a 63 dias de idade	CA[3] (kg kg-1)	1,49±0,09	1,38±0,03	<0,01	4,98

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; CA[3] - conversão alimentar.

2.3.3 CONDICIONAMENTO

Os animais que receberam ração não condicionada tiveram maior consumo de ração diário (p<0,01, Tabela 14) em relação aos que receberam dietas com condicionamento térmico e mecânico e os com condicionamento mecânico (398±33 vs. 374±31; 377±29), estas última médias foram semelhantes entre si. Com relação ao período de 21 a 63 dias, constatou-se que a ração não condicionada foi superior à com condicionamento térmico e mecânico (693±56 vs. 658±57g); porém, não diferiu da ração com condicionamento mecânico (693±56 vs. 668±54g), que por sua vez foi semelhante ao da ração com condicionamento térmico e mecânico (p<0,01; Tabela 14). Por outro lado, não houve diferença significativa de 42 a 63 dias de idade (p>0,05, Tabela 14).

O maior consumo da ração não condicionada, no período de 21 a 42 dias de idade, pode estar relacionado à melhoria da atratividade e palatabilidade da ração, resultado da extrusão do milho e do farelo de soja. Concordando com isto, STEIDINGER et al (2000) trabalhando com diferentes temperaturas de condicionamento: 60, 68, 77, 85 e 93°C, em dietas complexas; observaram efeito quadrático sobre o ganho de peso, com ponto de máxima aos 77°C e efeito linear sobre consumo de ração, ou seja, o aumento da temperatura reduziu linearmente o consumo de ração. Em adição, Dong e Pluske (2007) sugerem que a digestibilidade da dieta também pode determinar o consumo em leitões jovens, pois tem alta correlação com o volume da digesta, exercendo um efeito sobre o preenchimento do intestino, bem como, sobre o apetite dos leitões. Da mesma forma, Solà-Oriol et al (2009) observaram que a extrusão do milho e aveia melhorou ($p< 0.05$) os valores de preferência para rações com estes ingredientes em dietas para suínos; porém, o mesmo não ocorreu com o arroz, o trigo e a cevada.

Tabela 14 - Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial no consumo de ração diário (CRD) dos leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).

Período		Condicionamento			P[1]	CV[2]
		Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico		
21 a 42 dias de idade	CRD[3] (g)	398±33a	374±31b	377±29b	<0,01	7,61
42 a 63 dias de idade	CRD[3] (g)	988±103	941±100	959±105	>0,05	9,53
21 a 63 dias de idade	CRD[3] (g)	693±56a	658±57b	668±54ab	<0,01	5,90

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; CRD[3] – consumo de ração diário. Médias na linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Observou-se que no período de 21 a 42 dias de idade o ganho de peso diário foi superior ($p<0,01$, Tabela 15) nos animais que consumiram ração não condicionada em relação aos que receberam ração com condicionamento térmico e

mecânico e aos com condicionamento mecânico (348±57 vs. 305±70; 317±68). Por outro lado, não houve efeito no período de 42 a 63 dias de idade (p>0,05) e no período total (p>0,05).

O maior ganho de peso da ração não condicionada, no período de 21 a 42 dias de idade, pode estar relacionado ao fato dos ingredientes lácteos e açúcares, componentes nobres das rações pré-iniciais, não passarem pelo duplo aquecimento, reduzindo desta forma, a perda de aminoácidos, como a lisina, e de açúcares em decorrência da reação de Maillard. Estes resultados diferem dos encontrados por Surek (2012) ao trabalhar com leitões com idade de 21 a 40 dias, observou GPD 39% maior (p<0,01) nos animais que consumiram dietas peletizadas em relação às não condicionadas. O maior GPD dos animais que consumiram ração não condicionada de 21 a 42 dias de idade está associado ao melhor resultado de consumo de ração.

Quanto ao peso médio, observou-se diferença estatística (p<0,01, Tabela 15) de 21 a 42 dias de idade, onde a ração não condicionada determinou peso médio superior em relação à ração com condicionamento térmico e mecânico e à com condicionamento mecânico (14,04±1,57vs. 13,13±1,68; 13,38±1,58kg), estas últimas foram semelhantes entre si. Entretanto de 42 a 63 dias de idade não houve efeito significativo (p>0,05, Tabela 15). Demonstrando-se, desta forma, que na fase das dietas pré-inicial, as quais possuem ingredientes lácteos, a ração não condicionada seja a mais apropriada.

Tabela 15 - Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial no ganho de peso diário (GPD) e peso médio (PM) dos leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).

Período		Condicionamento			P[1]	CV[2]
		Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico		
21 a 42 dias de idade	GPD[3] (g)	348±57a	305±70b	317±68b	<0,01	12,8
42 a 63 dias de idade	GPD[3] (g)	599±66	608±52	617±43	>0,05	7,06
21 a 63 dias de idade	GPD[3] (g)	473±59	456±44	467±48	>0,05	5,95
21 a 42 dias de idade	PM[4] (Kg)	14,04±1,57a	13,13±1,68b	13,38±1,58b	<0,01	6,41
42 a 63 dias de idade	PM[4] (Kg)	26,58±2,76	25,89±2,21	26,34±2,25	>0,05	6,68

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; GPD[3] – ganho de peso diário; PM[4] – peso médio. O peso médio inicial (PI) foi igual para todos os tratamentos.
Médias na linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

Observou-se que no período de 21 a 42 dias de idade não houve diferença significativa em relação à conversão alimentar (p>0,05, Tabela 16). Entretanto de 42 a 63 dias de idade, os animais que consumiram ração não condicionada tiveram pior conversão alimentar (1,65±0,09 vs. 1,54±0,12; 1,53±0,14) em relação aos que receberam ração com condicionamento térmico e mecânico e aos com condicionamento mecânico, estas médias não diferiram entre si (p<0,01, Tabela 16). Já no período total de 21 a 63 dias, observou-se que a ração com condicionamento mecânico foi melhor que a ração não condicionada, entretanto, não diferiu da com condicionamento térmico e mecânico, que por sua vez foi igual à não condicionada (1,40±0,10 vs. 1,46±0,10; 1,44±0,08) (p>0,05, Tabela 16).

Resultados semelhantes foram encontrados por Garcia e silveira (1995) trabalhando com leitões de creche e três formas físicas da dieta: não condicionada, peletizada, e moída após peletização; eles observaram que, no período de 28 a 42 dias de idade, o resultado de conversão alimentar não foi significativo (p>0,05); porém dos 28 a 56 dias de idade, os leitões que receberam ração peletizada apresentaram melhor CA (p<0,05) em relação aos que comeram a

não condicionada, entretanto, não se observou diferença estatística entre a peletizada e a moída após peletização, e entre esta e a não condicionada; os autores sugeriram que este resultado tenha relação com o processamento térmico, uma vez que a ração foi moída após peletização, não possuindo mais as vantagens da forma física. Situação semelhante ao observado no presente estudo. Corroborando com estes resultados, Lundblad et al. (2011) ao trabalharem com leitões desmamados com 5,6 kg de peso vivo, por um período de 36 dias de creche e dietas: peletizada a 47ºC, peletizada a 90ºC, expandida a 105ºC, extrusada a 120ºC, e farelada; encontraram pior conversão alimentar para dietas fareladas em relação às termoprocessadas ($p<0,01$), entretanto, não houve diferença para ganho de peso ($p>0,05$) e os autores observaram que houve tendência para maior consumo da ração farelada em relação às termo processadas ($p=0,06$).

Para o condicionamento observou-se que o GGA foi menor na ração não condicionada e maior na com condicionamento mecânico, sendo superior em ambos os períodos estudados (Tabela 4). Isto pode ser explicado pelo duplo processamento das dietas condicionadas, onde a temperatura, pressão e umidade imprimidos tanto na extrusão do milho e farelo de soja, quanto na peletização propiciaram a maior gelatinização do amido.

Concordando com isso, Zimonja et al. (2007) relatam gelatinização do amido entre 22% e 36% para rações expandidas e peletizadas. Porém, Cramer et al. (2003) mostraram que não houve incremento na gelatinização do amido com a passagem da ração pelo expander seguida de peletização.

Tabela 16 - Efeito do condicionamento das dietas pré-inicial e inicial na conversão alimentar (CA) dos leitões durante a fase de creche (média ± desvio padrão).

Período		Condicionamento			P[1]	CV[2]
		Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico		
21 a 42 dias de idade	CA[3] (kg kg-1)	1,16±0,20	1,29±0,33	1,19±0,34	>0,05	16,51
42 a 63 dias de idade	CA[3] (kg kg-1)	1,65±0,09a	1,54±0,12b	1,53±0,14b	<0,01	7,28
21 a 63 dias de idade	CA[3] (kg kg-1)	1,46±0,10a	1,44±0,08ab	1,40±0,10b	<0,05	4,98

P[1] – probabilidade; CV[2] (%) – coeficiente de variação; CA[3] - conversão alimentar. Médias na linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

2.3.4 INTERAÇÕES ENTRE PRÉ-PROCESSAMENTO E CONDICIONAMENTO

2.3.4.1 Interação para ganho de peso diário (GPD) de 42 a 63 dias de idade

Observou-se interação entre pré-processamento e condicionamento da dieta (p<0,01) para GPD na fase de ração inicial (42 a 63 dias), ou seja, quando a ração pré-processada foi composta por milho e farelo de soja comum (MFSC) os animais que consumiram dieta não condicionada obtiveram GPD menor (p<0,05, Tabela 17) que os que receberam ração com condicionamento térmico e mecânico e do que os com condicionamento mecânico (545±38 vs 595±64; 598±34); estas últimas médias foram iguais entre si. Entretanto, quando a ração pré-processada foi composta por milho e farelo de soja extrusado (MFSE), não houve diferença de GPD entre as formas físicas (p>0,05, Tabela 17).

Os resultados indicam que ocorreu gelatinização inicial do amido provocada apenas pelo condicionamento da ração na peletizadora, quando o milho e farelo de soja estavam no estado natural; o que determinou melhor GPD para dietas condicionadas. Por outro lado, quando houve extrusão do milho e farelo de soja de todos os tratamentos, o duplo processamento dos tratamentos condicionados (extrusão e condicionamento) não propiciou efeito adicional em gelatinização do

amido que superasse o GGA da extrusão. Diversos estudos têm mostrado que devido a mistura limitada de umidade e moderada temperatura imprimida durante a peletização esta tem propiciado baixa gelatinização do amido, variando de 5 a 30% (GOELEMA et al., 1999). Assim como, Zimonja e Svihus (2009) que não detectaram quaisquer melhorias significativas na digestibilidade do amido para frangos de corte, como consequência da peletização, embora observaram que uma gelatinização completa devido à extrusão corrige a baixa digestibilidade do amido do trigo. A interação mostra ação favorável para extrusão do milho e farelo de soja da ração inicial, período de 42 a 63 dias de idade, sobre o GPD dos animais.

Tabela 17 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para GPD (g) dos 42 aos 63 dias de idade.

Pré-processamento	Condicionamento			Média
	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico	
Milho e farelo de soja comum	545±38Bb	595±64Aa	598±34Ba	579±52
Milho e farelo de soja extrusado	653±37Aa	620±33Aa	637±43Aa	637±39
Média	599±66	608±52	617±43	608±54

Médias na coluna seguidas de letras maiúsculas e médias na linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

2.3.4.2 Interação para conversão alimentar (CA) de 42 a 63 dias de idade

Observou-se interação entre pré-processamento e condicionamento da dieta (p<0,05) para CA; ou seja, quando a ração pré-processada foi composta por MFSC os animais que consumiram dieta não condicionada obtiveram pior CA (p<0,05, Tabela 18) do que os que receberam ração com condicionamento térmico e mecânico e os com condicionamento mecânico (1,69±0,09 vs. 1,53±0,12; 1,49±0,16); estas duas últimas médias não diferiram entre si. Por outro lado, quando a ração pré-processada foi composta por MFSE, não houve diferença de CA entre os condicionamentos. Estes resultados são consequência do GPD de 21 a 42 dias,

portanto as explicações sobre a gelatinização do amido referidas anteriormente também se enquadram nestas. A interação mostra ação favorável do pré-processamento com extrusão do milho e farelo de soja para CA dos animais.

Tabela 18 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para CA (Kg Kg-1) dos 42 aos 63 dias de idade.

Pré-processamento	Condicionamento			Média
	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico	
Milho e farelo de soja comum	1,69±0,09Aa	1,53±0,12Ab	1,49±0,16Ab	1,57±0,16
Milho e farelo de soja extrusado	1,61±0,07Aa	1,56±0,13Aa	1,57±0,09Aa	1,58±0,10
Média	1,65±0,09	1,54±0,12	1,53±0,14	1,58±0,13

Médias na coluna seguidas de letras maiúsculas e médias na linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

2.3.4.3 Interação para conversão alimentar (CA) de 21 a 63 dias de idade

Observou-se interação entre pré-processamento e condicionamento da dieta (p<0,01) para conversão alimentar. Quando a ração pré-processada foi composta por MFSC, os animais que receberam dieta com condicionamento mecânico obtiveram CA melhor (p<0,05, Tabela 19) do que os que receberam ração não condicionada, porém não diferiram dos que receberam ração com condicionamento térmico e mecânico (1,44±0,14 vs. 1,55±0,06; 1,49±0,06), que por sua vez, foi semelhante ao dos animais que receberam ração não condicionada. Quando a ração pré-processada foi composta por MFSE não houve diferença de CA entre os condicionamentos (P>0,05, Tabela 19). A interação mostrou ação favorável do pré-processamento com extrusão do milho e farelo de soja para CA no período total. Os resultados mostram que os tratamentos que passaram por duplo processamento termomecânico da ração (pré-processamento e condicionamento por peletização) não conseguiram superar o resultado da ração não condicionada, possivelmente devido às perdas de nutrientes por efeito do processamento (calor,

umidade, pressão e atrito), que podem causar oxidação de nutrientes e condensação de aminoácidos e carboidratos (Reação de Maillard), entre outras possíveis causas a serem investigadas.

Tabela 19 – Desdobramento da interação entre pré-processamento e condicionamento para CA (Kg Kg-1) dos 21 aos 63 dias de idade.

Pré-processamento	Condicionamento			Média
	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico	
Milho e farelo de soja comum	1,55±0,06Aa	1,49±0,06Aab	1,44±0,14Ab	1,49±0,09
Milho e farelo de soja extrusado	1,38±0,03Bb	1,39±0,03Bb	1,37±0,03Bb	1,38±0,03
Média	1,46±0,10	1,44±0,08	1,40±0,10	1,44±0,09

Médias na coluna seguidas de letras maiúsculas e médias na linha seguidas de letras minúsculas distintas são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey.

2.4 **AVALIAÇÃO ECONÔMICA**

Foi comparada a eficiência econômica entre os fatores do experimento, através do custo por quilograma de leitão produzido na saída da creche. Para chegar a estes resultados foram consideradas algumas premissas, como: o custo do leitão desmamado foi de R$ 9,153/Kg de PV (média de janeiro e fevereiro de 2014 – CIAS/EMBRAPA, 2014); o milho foi cotado a R$ 0,525/Kg e o farelo de soja a R$ 1,210/Kg (cotação em 30/04/2014 - ACCS, 2014), O custo do processamento por extrusão foi de R$ 0,180/Kg de cereal; o custo com condicionamento térmico e mecânico (por peletização a vapor) foi de 0,060/Kg de ração e o custo com condicionamento mecânico (por peletização sem uso de vapor) foi de 0,066/Kg. Sendo assim, os custos da ração e do pré-processamento foram os seguintes: R$ 1,275/Kg para MFSC e R$ 1,411/Kg para MFSE; já os custos da ração e do condicionamento foram: R$ 1,254/Kg para NC, R$ 1,329 para CTM e de R$ 1,444/Kg para dietas com CM. Da mesma forma para formação do custo do leitão de creche (R$/Kg) foram considerados os seguintes indicadores: peso inicial total dos

leitões (Kg), custo do leitão desmamado (R$/Kg), peso total dos leitões na saída de creche (Kg), ganho de peso total na fase (Kg), consumo total de ração (KG), custo da ração (R$/Kg) e custo de cada processamento (R$/Kg), que estão expostos na tabela 20. Foi determinada a diferença percentual entre o menor custo observado e o custo de cada um dos fatores, que foi chamado de índice de custo (Tabela 20).

Os resultados do custo do suíno na saída de creche, para o fator pré-processamento, foi menor para os animais que consumiram dietas com extrusão do milho e farelo de soja (R$ 3,69 vs. 3,90), já para o fator condicionamento, o menor custo foi dos animais que consumiram dietas não condicionadas, quando comparado aos que consumiram rações com condicionamento térmico e mecânico e aos com condicionamento mecânico (R$ 3,71 vs. 3,82; 3,85).

Tabela 20 – Avaliação econômica do custo de produção do leitão de creche dos fatores pré-processamento e condicionamento dos 21 aos 63 dias de idade.

21 a 63 dias de idade	Pré-Processamento		Condicionamento		
	Sem extrusão do milho e farelo soja	Com extrusão do milho e farelo soja	Não condicionada	Térmico e mecânico	Mecânico
Peso médio inicial (Kg)	6,72	6,70	6,71	6,71	6,72
Peso inicial total (Kg)	1451	1448	966	966	967
Peso médio leitão aos 63 dias (Kg)	24,62	27,92	26,58	25,89	26,33
Peso total leitões aos 63 dias (Kg)	5378	6036	3835	3735	3845
Custo inicial do leitão (R$/Kg)	9,52	9,54	9,53	9,53	9,52
Custo total inicial leitões (R$/Kg)	13810	13810	9206	9206	9206
Custo médio da ração (R$/Kg)	1,23	1,34	1,19	1,27	1,38
Custo total da ração (R$/Kg)	7190	8455	5011	5048	5585
Consumo total de ração	5860	6326	4203	3981	4041
Custo do leitão de creche (R$/kg)	3,90	3,69	3,71	3,82	3,85
Índice de custo (%)	106	100	100	103	104

2.5 **CONCLUSÃO**

Os resultados demonstraram que a extrusão do milho e do farelo de soja, de dietas pré-iniciais e iniciais, tem viabilidade econômica e zootécnica uma vez que os animais que receberam estas dietas obtiveram melhor ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e menor custo de produção.

As dietas que não sofreram condicionamento térmico e/ou mecânico obtiveram melhor consumo de ração e ganho de peso do que às condicionadas no período de 21 a 42 dias de idade, fase das rações pré-inicial que possuem ingredientes nobres (lácteos e açúcares). Estas dietas também obtiveram o menor custo de produção dos 21 aos 63 dias de idade.

As dietas com condicionamento (térmico e/ou mecânico) obtiveram melhor eficiência em conversão alimentar do que às não condicionadas, na fase de 42 a 63 dias de idade dos leitões, fase da ração inicial.

2.6 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADAMS, K.L.; JENSEN, A.H. Comparative utilization of in-seed fats and the respective extracted fats by the young pig. **Journal Animal Science**, v. 59, p. 1557-1566, 1984.

ANDRIGUETO, J. M. (Ed.) **Nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel. v.1, 1986.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. **Official and tentative methods of analysis**, 16.ed. Arlington, Virginia: AOAC International, 1995.

BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; PROTAS, J. F. S. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 8, p.969-974, 1985.

BOUDRY, G.; NEMCOVA, R.; GARCANCIKOVA, S. et al. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglets intestine. **Journal of Nutrition**, v.134, n.9, p.2256-2262, 2004.

BRANCO, P.A.C.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Utilização da farinha pré-gelatinizada de milho e soja micronizada em dietas de leitões dos 21 aos 56 dias de idade. **B. Ind. Anim.,** N. Odessa, v. 63, n.1, p. 01-10, 2006.

BURRIN, D.G; STOLL, B. Intestinal nutrient requirements in weanling pigs. In: PLUSKE, J.R.; VERSTEGEN, M.W.A.; Le DIVIDICH, J. (Editors). The Weaner Pig: Concepts and Consequences. **Wageningen Academic Publishers**, The Netherlands, p.301-335, 2003.

CHAE B. J.; KANG H.I. and CHUNG Y. K. Growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs: the effect of pelleted and extrusion of a diet containing a milk product. **An. Anim. Resources Sci**. v. 8: In press, 1997.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, v. 20, p. 263-283, 1986.

COSTA, E.R.; SILVA, L.P.G.; SILVA, J.H.V. et al. Desempenho de leitões alimentados com diversas formas físicas de ração. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.3, p.241-247, 2006.

CRAMER, K. R.; K.J. WILSON; J. S. MORITZ; R. S. BEYER. Effect of sorghum-based diets subjected to various manufacturing procedures on broiler performance. **J. Appl. Poult**, v. 12: p.404-410, 2003.

CRUZ, T.M.P.; CASTELINI, G.C.O.; TOLEDO, J. et al. Utilização dos diferentes híbridos de milho processados ou não por extrusão na alimentação de leitões na fase de creche (6-15Kg). **In: Anais do XVIII EAIC-UEL**, Londrina, 2009.

DELGADO-ANDRADE, C; RUFIÁN-HENARES, J. A.; NIETO, R; AGUILERA, J. F.; NAVARRO, M. P.; SEIQUER, I. Does the pelleting process affect the nutritive value of a pre-starter diet for suckling piglets? Ex vivo studies on mineral absorption. **Journal Science Food Agriculture,** v.90: p.898-905, 2010.

DONG, G.Z.; PLUSKE, J.R. The low feed intake in newly-weaned pigs: problems and possible solutions. **Journal of Animal Sciences**, v.20, n. 3, p. 440-453, 2007.

GADZIRAYI, C.T.; MUTANDWA, E.; CHIHIYA, J.; MLAMBO, R. A Comparative Economic Analysis of Mash and Pelleted Feed in Broiler Production under Deep Litter Housing System. **International Journal of Poultry Science**, v.7, p.629-631, 2006.

FADEL, J.; NEWMAN, C. W.; NEWMAN, R. K. et al. Effects of extrusion cooking of barley on ileal and fecal digestibilities of dietary components in pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 68, p. 891-897, 1988.

LOBO, A.R.; SILVA, G.M.L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição de Campinas**, v.16(2), p. 219-226, abr./jun., 2003.

LOGATO, P.V.R.; ALBERNAZ, N. da S.; RIBEIRO, P.A.P. et al. Effect of the ration processing on the apparent digestibility values of nutrients for the Piau (Leporinus elongatus). **Revista Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 33, n. 3, p. 890-894, 2009.

GARCIA, G. G.; SILVEIRA, J. C. G. Comparação entre formas físicas da ração no desempenho de leitões do desmame aos setenta dias de idade. **Ciência Rural**, v.25(1), p. 151-156, 1995.

GOELEMA, J. O.; A. SMITS, L. M.; VAESSEN, and A. WEMMERS. Effects of pressure toasting, expander treatment and pelleting on in vitro and in situ parameters of protein and starch in a mixture of broken peas, lupins and faba beans. **Anim. Feed Sci. Tech**, v.78: 109-126, 1999.

LUNDBLAD, K.K.; ISSA, S.;HANCOCK, J. D. et al. Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. **An Feed Sci and Tech**, v.169, p. 208-217, 2011.

MAHAN, D.C.; LEPINE, A.J. Effect of pig weaning weight and associated feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1370-1378, 1991.

MAKKINK, C.; NEGULESCU, G.P.; GUIXIN, Q.; VERSTEGEN, M.W.A. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. **British Journal of Nutrition,** v.72, p.353-368, 1994.

MATEOS, G. G.; VALENCIA, D. G.; PIQUERAS, B. V. Influencia Del procesado de ingredientes y piensos terminados sobre la productividad en monogástricos 1.ed., Madrid: **XXl CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA.** 2005. Disponível em: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/05CAPXll.pdf.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. et al. Uso do milho e soja integral processados a calor na alimentação de leitões. **R. Soc. Bras. Zootec**., v. 22(5), p. 764-772, 1993.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; COELHO, D.T. et al. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processados a calor. **R. Soc. Bras. Zootec**., v. 23, p. 916-929, 1994.

MOREIRA, I.; OLIVEIRA, G.C.; FURLAN, A.C. et al. Utilização da farinha pré-gelatinizada de milho na alimentação de leitões na fase de creche, digestibilidade e desempenho. **R. Bras. Zootec**., v. 30, n. 2, p. 440-448, 2001.

MORITZ, J.S.; PARSONS, A.S.; BUCHANAN, N.P. et al. Effect of gelatinizing dietary starch through feed processing on zero- to three-week broiler performance and metabolism. **J. App. Poultry Res**., v. 14, p. 47–54, 2005.

MOUGHAN, P.J.; SMITH, W.C.; SCHRAMA, J.; SMITS, C. Chromic oxide and acid-insoluble ash as faecal markers in digestibility studies with young growing pigs. **New Zealand Journal of Agricultural Research.** v.34, p.85-88, 1991.

PUPA, J.M.R. saúde intestinal dos leitões: o papel de alguns agentes reguladores. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA, Chapecó, 2008.

ROCHA, L. O. **Suínos na fase de creche alimentados com rações extrusadas com e sem flavorizantes: Desempenho e digestibilidade.** 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2009.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG: **Universidade Federal de Viçosa**. 252p., 2011.

SANTOS, D.A.; STRINGHINI, J.; NUNES, R.C. et al. Desempenho de leitões alimentados com amido pré-gelatinizado dos 22 aos 45 dias de idade**. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2**., 2005, Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Cientifica, UFG, Goiânia, 2005.

SAUER W. C.; MOSENTHIN R.; PIERCE A. B. The utilization of pelleted, extruded, and extruded and repelleted diets by early weaned pigs. **An. Feed. Sci. and Tech**, v.31, p. 269-275, 1990.

SINGH, S.; GAMLATH, S. AND WAKELING, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **J. Food Sci. and Tech.**, v. 42, p. 916-929, 2007.

SOLÀ-ORIOL, D.; ROURA, E. AND TORRALLARDONA, D. Feed preference in pigs: Effect of cereal sources at different inclusion rates. **J. Anim. Sci**, v. 87, p. 562-570, 2009.

SOUZA, R.M. de; BERTECHINI, A.G.; SOUZA, R.V. et al.Efeito da suplementação enzimática e da forma física da ração sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte. **Revista Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 32, n.2, p. 584-590, 2008.

STEIDINGER, M. U.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D. et al. Effects of pelleting and pellet conditioning temperature on weanling pig performance. **Journal of Animal Science,** v.78, p. 3014–3018, 2000.

SUREK, D. **Peletização de dietas pré-iniciais para leitões desmamados**. 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TEODORO, S. M.; BERTO, D. A.; PADOVANI, C. R.; CHAVES, M. A.; PANIZZA, J. C. Lactentes e desmamados alimentados com dietas farelada ou extrusada seca e úmida. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.57, n.220, p.549-552, 2008.

TRAIN, Q. D.; VAN LIN, C.G.J.M.; HENDRIKS, W.H.; VAN DER POEL, A.F.B. Lysine reactivity and starch gelatinization in extruded and pelleted canine diets. **An Feed Sci and Tech**, v.138, p.162-168, 2007.

TRINDADE NETO, M.A.; BERTO, D.A.; MIGUEL, W.C. et al. Manejo alimentício de lechones desmamados em idade antecipada. In: XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. **Arch. Latin. Prod. Anim**., v. 15 (Supl. 1), 2007.

VAN BARNEVELD, R. J. AND BATTERHAM. The effect of heat on amino acids for growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 72, p. 221-241, 1994.

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

VELOSO, J.A.F.; MEDEIROS, S.L.S.; AROUCA, C.L.C. et al. Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. v. 57 (n.5), Belo Horizonte, 2005.

VICENTE, B.; VALENCIA, D.G.; PÉREZ-SERRANO, M. et al. The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. **J. Anim. Sci**., v. 86(1), p. 119-126, 2008.

ZIMONJA, O.; A. STEVNEBO, B. SVIHUS. Nutritional value of diets for broiler chickens as affected by fat source, amylose level and diet processing. **Can. J. Anim. Sci**, v.87: 553–562, 2007.

ZIMONJA, O. and B. SVIHUS. Effects of processing of wheat or oat starch on technical pellet quality and nutritional value for broilers**. Anim. Feed Sci**. Tech, V.149: 287-297, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Outros fatores que não puderam ser avaliados neste trabalho, como o percentual de amido retrogradado na ração e a densidade do extrusado necessitam ser melhor estudados, para determinar qual a sua influencia na digestibilidade da ração e no desempenho zootécnico animal.

No presente estudo foi avaliado apenas a influência da temperatura, pressão e umidade imprimidos durante o processamento (extrusão e condicionamento térmico e mecânico na peletização) sobre o desempenho e digestibilidade da dieta, desta forma, há necessidade de novos estudos que também considerem a forma física da ração.

No presente trabalho não foi considerada a influência da temperatura de moagem do milho e farelo de soja e também da remoagem das rações que foram condicionadas, as quais sofreram 5 moagens no total.

Observou-se que o duplo processamento das dietas com a presença de lácteos e açúcares (pré-inicial) obtiveram pior resultado que às não condicionadas, o que possivelmente seja resultado do excesso de temperatura a que passaram estes ingredientes nobres; para tanto, há necessidade da realização de pesquisas adicionais para medir a influência da reação de Maillard sobre a perda de aminoácidos e açúcares redutores.