

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**SUBSTITUIÇÃO DO SORO DE LEITE E LACTOSE PELA
COMBINAÇÃO DE INGREDIENTES ENERGÉTICOS E
PROTÉICOS EM RAÇÕES DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

LÚCIO VILELA CARNEIRO GIRÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU – SP
Junho - 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**SUBSTITUIÇÃO DO SORO DE LEITE E LACTOSE PELA
COMBINAÇÃO DE INGREDIENTES ENERGÉTICOS E
PROTÉICOS EM RAÇÕES DE LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

LÚCIO VILELA CARNEIRO GIRÃO
Zootecnista

Orientador: Prof. Ass. Dr. DIRLEI ANTONIO BERTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU – SP
Junho – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP - FCA - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G516s Girão, Lúcio Vilela Carneiro, 1979-
Substituição do soro de leite e lactose pela combinação de ingredientes energéticos e protéicos em rações de leitões na fase de creche / Lúcio Vilela Carneiro Girão. - Botucatu : [s.n.], 2010.
viii, 55 f.: grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010.

Orientador: Dirlei Antonio Berto
Inclui bibliografia.

1. Maltodextrina. 2. Spray dryer. 3. Suínos. I. Berto Dirlei Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho " (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

“Nunca se esqueça que o segredo não está em fazer o difícil, mas sim em fazer o fácil”

(Lúcio Vilela Carneiro Girão)

“Quando houver pedras em seu caminho, suba nelas e observe com atenção os novos horizontes, não as deixe que se transformem em montanhas”

(Lúcio Vilela Carneiro Girão)

DEDICO

A DEUS, por me presentear com o dom da vida, saúde e inteligência, agradeço por iluminar meus caminhos me ajudando, dando força nos momentos mais importantes e decisivos.

Aos meus pais Luiz Carneiro de Freitas Girão e Anna Maria Villela Girão, pilares da minha vida, pelo exemplo de força, perseverança, coragem e fé, e pelo amor constante, apoio e pela educação.

Aos meus irmãos Juliano Vilela Carneiro Girão, Lucimara Vilela Carneiro Girão de Carvalho, Leonardo Vilela Carneiro Girão e Jander Vilela Carneiro Girão, que têm participação constante em meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus tios José Hilário de Freitas e Souza e Máximo de Freitas e Souza “in memoriam”, pela magnitude de seus princípios morais, éticos, de honestidade e exemplos de vida a serem seguidos.

À minha afilhada Ana Clara Girão de Carvalho, pela alegria e graciosidade acrescentada à minha vida.

Aos professores, do departamento de zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Dr. José Augusto de Freitas Lima e Dr. Elias Tadeu Fialho, pela orientação durante a toda graduação, dedicação, confiança e pela amizade a família Girão, onde se mostraram exemplos de caráter, honestidade e competência. Seus ensinamentos nunca serão esquecidos.

Aos verdadeiros amigos que de alguma forma fizeram-se presentes nos momentos mais importantes de minha vida, contribuindo com conhecimento, experiência, companheirismo, alegria e otimismo.

Aos demais familiares e amigos que injustamente não foram citados, porém estão presentes em minha memória todos os dias de minha vida.

HOMENAGEM ESPECIAL

Ao Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto, pela preciosa orientação, incondicional dedicação, por compartilhar seu vasto conhecimento, por ser uma pessoa iluminada e sábia. Estes dois anos de convívio e amizade só me mostraram que fiz a escolha certa, no momento exato de minha vida, meus sinceros agradecimentos.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP-Botucatu, por oferecer-me apoio institucional e infraestrutura necessária para o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP-Botucatu, pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo e Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão das bolsas de estudos.

Ao Prof. Ass. Dr. Dirlei Antonio Berto, do Departamento de Produção Animal da FMVZ/UNESP-Botucatu, pela orientação, dedicação, confiança, e que, ao longo desses dois anos de convivência se mostrou um exemplo de caráter, honestidade e competência. Sua conduta profissional e seus ensinamentos nunca serão esquecidos.

Aos professores do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ/UNESP-Botucatu, em especial: Dr. José Roberto Sartori, Dra. Margarida Maria Barros, Dr. Luiz Edivaldo Pezzato e Dr. Antonio Celso Pezzato pelos ensinamentos, amizade, colaboração, incentivo e exemplo de profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha, do Departamento de Química do IBB/UNESP-Botucatu, pelo precioso auxílio, atenção e oportunidade de realização das análises de óxido de cromo III.

Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural da Universidade Federal de Lavras-UFLA, em nome do prof. Dr. Eduardo Alves, da laboratorista Eloisa A. das Graças Leite e do aluno de pós-graduação Fabiano J. Perina, pela disponibilidade e ajuda na realização das eletromicrografias de varredura.

À Corn Products Brasil Ingredientes Industriais Ltda. pela produção dos blends estudados.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação em Zootecnia da FMVZ/UNESP-Botucatu, Posto de Serviço Lageado, Seila Cristina Cassinelli Vieira, Danilo Juarez Teodoro Dias e Carlos Pazini Júnior, pela prestação de serviços nos momentos requeridos.

Aos funcionários do Departamento de Produção Animal, Solange Aparecida Ferreira de Souza e José Luis Barbosa de Souza, pela atenção e auxílio.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da FMVZ – UNESP, Paulo Sérgio dos Santos e José Antônio Franco, pela amizade e importante ajuda na condução do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ/UNESP-Botucatu, Luis Carlos Fernandes, Silene Vitoratti Mamede, pela atenção e auxílio.

Aos funcionários da fábrica de ração e supervisão de fazendas da FMVZ/UNESP-Botucatu, pelos auxílios prestados.

À família Ferreira, em nome de Maury Carlos Ferreira, Maria Aparecida Alves Ferreira, Maury Carlos Ferreira Jr., Maurylio Alves Ferreira e a uma amiga especial Maryene Alves Ferreira.

Aos meus amigos, Gilney Fernandes Lima, Breno Assunção e Pablo Assunção, Marllon Chalfun e Maykon Chalfun, Diogo Louzada, Vitor Barbosa Fascina, Caroline

Pelegrina Teixeira, Fabyola Barros de Carvalho, Daniella Aparecida Berto, Ernani Nery de Andrade, Cleise Sigarini, Natália Bortoleto Athayde, Rosangela do Nascimento Fernandes, Érica Regina Sernagiotto, pela alegre convivência e preciosa amizade.

À minha namorada Ana Cristina Stradiotti pelo exemplo de força, comprometimento, dedicação incondicional, transparência, humildade, paciência, pelos momentos maravilhosos vividos e ainda por viver, pela “intensidade do seu ser”, pela alegria que transborda de sua essência, pela felicidade constante trazida às nossas vidas e o mais importante de tudo ao nosso amor.

A toda a equipe do Laboratório de Nutrição de Aves da FMVZ/UNESP-Botucatu, que me receberam de braços abertos, Wanderley Thiago da Silva, Vanessa Cristina Pelícia, Mariana Kiyomi Maruno, Gustavo do Vale Polycarpo, Carolina Carvalho de Miranda, pela amizade, incentivo e apoio.

Aos alunos da equipe de Nutrição de Monogástricos-Suínos, Gabriela de Mello Fabiana Golin Luigi e Cássio Cordeiro Ensá Junqueira Villela, pela ajuda na condução do experimento.

Aos membros da República Pé de Frango, João Fernando Albers Koch, Fábio Sussel, Fernando Nakagome, Ademir Calvo Fernandes Junior e agregados Daniel de Magalhães Araujo e Eduardo Gianini Abimorad, e aos novos membros da República Vila Velha, Cauê Augusto Surge, Renan de Mattos Botelho e Rodrigo.

Aos demais colegas não citados, que eu possa ter cometido a injustiça de esquecê-los neste momento, mas que merecem igual agradecimento e respeito.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a ocorrência desta pesquisa e auxiliaram a realizar mais este sonho, que marcou a minha história.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I	1
Considerações iniciais.....	2
1. Introdução.....	2
2. Revisão de literatura.....	4
2.1. Limitações digestivas dos leitões.....	4
2.2. Substitutos da lactose em rações de leitões.....	6
2.3. Processo de extração do amido por via úmida.....	8
2.4. Sistema de desidratação por aspersão, atomização ou <i>spray dryer</i>	12
2.5. Microencapsulação.....	16
2.6. Técnica de encapsulação.....	18
2.7. Controle de qualidade dos produtos produzidos em <i>spray dryer</i>	20
3. Referências bibliográficas.....	22
 CAPÍTULO II	 27
Desempenho de leitões e digestibilidade das rações contendo ingredientes energéticos e protéicos em substituição ao soro de leite e lactose.....	28
Resumo.....	28
Abstract.....	29
Introdução.....	30
Material e métodos.....	31
Resultados e discussão.....	36
Ensaio de desempenho.....	36
Ensaio de digestibilidade.....	39
Conclusões.....	50
Referências.....	51
 CAPÍTULO III	 54
Implicações.....	55

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II.....	Página 27
Tabela 1. Composição percentual das rações pré-iniciais e iniciais utilizadas no experimento.....	33
Tabela 2. Valores nutricionais das rações pré-iniciais e iniciais utilizadas no experimento.....	34
Tabela 3. Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na fase de creche, recebendo as diferentes rações, nos períodos de 0 a 17 dias e de 0 a 29 dias.....	36
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), extrato etéreo (CDAEE), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB), das rações pré-iniciais (PI) e iniciais (I) em leitões na fase de creche.....	40
Tabela 5. Valores digestíveis de matéria seca (MSD), proteína (PD), extrato etéreo (EED) e energia (ED), das rações pré-iniciais (PI) e iniciais (I) em leitões na fase de creche.....	42

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I.....	Página 1
Figura 1. Estrutura do grão de milho (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006).....	8
Figura 2. Esquema de funcionamento do <i>spray dryer</i> (DAIUTO e CEREDA, 2003).....	13
Figura 3. Características de dois tipos de partículas obtidas por aspersor (DAIUTO e CEREDA, 2003).....	15
Figura 4. Características físicas das partículas microencapsuladas após processamento em <i>spray dryer</i> (DAIUTO e CEREDA, 2003).....	19
CAPÍTULO II.....	27
Figura 1. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto soro de leite seco.....	44
Figura 2. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto maltodextrina.....	45
Figura 3. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto farelo de glúten 60.....	46
Figura 4. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto concentrado protéico de soro de leite.....	47
Figura 5. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto <i>blend</i> energético.....	48
Figura 6. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto <i>blend</i> energético protéico.....	49

CAPÍTULO I

Considerações iniciais

1. Introdução

Ao contrário do que ocorre naturalmente, nas suinoculturas industriais o desmame não é um processo gradativo que culmina com o desinteresse mútuo entre mãe e prole, pois os leitões ainda jovens são abruptamente separados das porcas. Essa prática visa, principalmente, aumento do número de leitões produzidos por matriz por ano e melhor eficiência de uso das instalações de maternidade.

O desmame nas granjas tecnificadas, normalmente praticado com idade dos suínos em torno de três semanas, traz como conseqüências alterações sociais, de ambiente e morfofisiológicas nos leitões, predispondo-os à doenças e, conseqüentemente, resulta em prejuízo econômico.

Durante a fase de amamentação os leitões recebem alimento com alta digestibilidade, sendo consumido morno, na forma líquida e em espaços regulares de tempo determinados pelo próprio animal. Assim, no desmame precoce, a fase pós-desmame é delicada para os leitões sob diversos aspectos já bem definidos.

Com o desmame a mudança na dieta é extrema, passa de líquida, altamente digestível, com baixo conteúdo de matéria seca, rica em gordura, lactose e disponível regularmente, para seca, menos palatável, composta majoritariamente por carboidratos e proteínas de origem vegetal e fornecida à vontade. Isso obriga os leitões a adaptarem-se rapidamente até mesmo a um novo padrão de apreensão, quando, ainda não possuem maturidade fisiológica do trato gastrointestinal para que ocorra boa digestão da nova dieta.

O leite da porca possui gordura e lactose como fontes principais de energia, representando em média, 40 e 25% do seu teor de matéria seca, respectivamente, juntas contribuem com mais de 80% do conteúdo de energia bruta (XU, 2003). Portanto, é comum a utilização de produtos lácteos, especialmente soro de leite (70% de lactose) e lactose cristalina (98% de lactose), nas rações pós-desmame para minimizar os efeitos negativos do desmame precoce, onerando significativamente seus custos.

A princípio, a recomendação de uso desses produtos em rações de leitões foi atribuída às elevadas digestibilidade e palatabilidade. Contudo, posteriormente, foi demonstrado que a maior ingestão e o maior ganho de peso dos leitões alimentados com

rações contendo produtos lácteos decorreram, principalmente, da presença de lactose (MAHAN, 1992).

No intuito de reduzir custos, pesquisas têm sido realizadas com a maltodextrina, carboidrato obtido a partir da hidrólise do amido, comumente extraído pelo processamento do milho por via úmida, que demonstrou eficiência na substituição parcial (SILVA et al., 2008) ou total (HAUPTLI et al., 2007) da lactose nas rações de leitões.

O uso de gorduras e óleos na alimentação de leitões tem sido bastante pesquisado (CERA et al., 1990; HOWARD et al., 1990; JONES et al., 1992) mas os resultados de desempenho no período pós-desmame se mostram inconsistentes, e nem sempre resultam em melhores taxas de crescimento, principalmente durante as duas primeiras semanas.

Desse modo, existe grande interesse no desenvolvimento de substitutos aos produtos lácteos para rações de leitões que possuam características nutricionais desejáveis e menor custo. Para isso, métodos industriais de processamento de carboidratos, óleos e proteínas de origem vegetal têm sido utilizados (HAUPTLI et al., 2007; HAUPTLI, 2009).

O processamento industrial para obtenção dos substitutos lácteos e/ou *blends*, pode ser conduzido, de forma que o produto final apresente composição específica desejada, possibilitando a elaboração de produtos que possuam teores de carboidratos, proteínas e lipídeos pré-estabelecidos, porém oriundos da combinação de matérias primas de origem vegetal, devidamente balanceadas com aminoácidos sintéticos, quando necessário.

2. Revisão de literatura

2.1. Limitações digestivas dos leitões

A nutrição e genética de suínos evoluíram de maneira acelerada nas últimas três décadas, causando grande impacto nos índices zootécnicos das granjas comerciais. Por outro lado, a saúde do rebanho continua a ser um dos principais fatores limitantes do desempenho zootécnico dos animais em sistemas intensivos de produção.

A busca por melhores índices zootécnicos, especialmente maior número de leitões desmamados/matriz/ano, tem resultado na diminuição da idade de desmame, o que do ponto de vista sanitário pode trazer grandes riscos para o rebanho e, consequentemente, afetar o retorno econômico para o produtor.

A idade de desmama mais praticada e aceita pelos produtores é em torno de 21 dias de vida. Segundo Clark (1997), desmame precoce é aquele realizado com menos de 21 dias pós-parto, enquanto para Sesti e Moreno (1997) o desmame pode ser classificado em ultra precoce, precoce, convencional ou tradicional europeu, quando praticado com menos de 14 dias, entre 14 e 17 dias, entre 18 e 25 dias e acima de 25 dias pós-parto, respectivamente.

O leitão ao nascimento possui o sistema digestório adaptado à digestão e utilização dos constituintes do leite da porca, sendo que a digestão aparente da gordura nessa fase de 96%, pois se apresenta na forma emulsificada, o que não ocorre com a gordura presente nas dietas pós-desmame (JENSEN et al., 1997). Além disso, após o desmame aos 21 dias, a digestão de gorduras e óleos é limitada, devido ao fato dos leitões possuírem baixa atividade da lipase pancreática (JENSEN et al., 1997) e pequena secreção de sais biliares, o que limita a capacidade de emulsificação das gorduras (JONES et al., 1992).

O sistema digestório do leitão está adaptado para digerir lactose, gordura e proteínas (caseína e soro proteínas) do leite da porca. Por esse motivo, dos 21 aos 28 dias de idade suas enzimas digestivas são insuficientes para adequar-se a digestão dos constituintes dos alimentos de origem vegetal. No desmame precoce ocorre queda brusca na produção de enzimas e de alta renovação do epitélio (*turnover*), principalmente em relação ao conteúdo protéico da mucosa, devido ao estresse do

desmame ou à diminuição do aporte de substrato ao desmame, em especial se o desmame for realizado antes dos 35 dias de idade (GRAÑA, 2007).

De maneira geral, a atividade intestinal das proteases, amilases e lipases aumentam com a idade dos animais (LINDEMANN et al., 1986; OWSLEY et al., 1986). Porém, sofrem queda acentuada em resposta ao desmame e dependendo da idade, peso ao desmame, composição e consumo de ração antes e após o desmame, demandam período mínimo de uma a duas semanas para restabelecer os padrões pré-desmame (JENSEN et al., 1997; MARION et al., 2003; HUGUET et al., 2006).

Um dos maiores problemas do desmame de leitões aos 21 dias tem sido o baixo consumo de alimentos (hipofagia) ou anorexia transitória, o que resulta em deficiência de energia que, por sua vez, pode levar à redução do crescimento (GRAÑA, 2007). O fato dos leitões recém-desmamados possuírem sistema digestório imaturo, baixa produção enzimática e de ácido clorídrico, causa prejuízos na digestão de proteínas, carboidratos e gorduras provenientes dos ingredientes da dieta de origem vegetal. Por outro lado, o excesso de nutrientes não digeridos predispõe a diarreia osmótica e/ou a diarreia causada pela proliferação de microrganismos indesejáveis.

A diarreia pós-desmame pode ser devido a resíduos de carboidratos, proteínas e lipídios não digeridos que chegam ao intestino grosso do leitão e servem como substrato ideal para fermentação microbiana (FEDALTO et al., 2002). Os produtos da fermentação podem causar mudanças na pressão osmótica entre o conteúdo e os tecidos intestinais, gerando desbalanço osmótico, resultando na liberação de água da mucosa para o lúmen do intestino, produzindo material fecal líquido (EASTER, 2001).

Assim, o objetivo de aumentar a ingestão de ração, sem predispor o leitão a problemas digestivos, implica na necessidade de utilização de dietas com alta digestibilidade para melhor utilização dos nutrientes da ração (WALKER et al., 1986). Por esse motivo, é prática comum fazer uso de dietas pós-desmame (pré-inicial e inicial) contendo derivados de leite em sua composição, tais como: leite em pó desnatado (50% de lactose), soro de leite (70% de lactose) e lactose cristalina (98% de lactose), que promovem bom desempenho aos leitões jovens; contudo, apresentam alto custo e nem sempre estão disponíveis no mercado em quantidade e qualidade adequada.

2.2. Substitutos da lactose em rações de leitões

A princípio, a recomendação de uso dos produtos lácteos nas rações de leitões foi atribuída às elevadas digestibilidade e palatabilidade. Posteriormente, foi demonstrado que a maior ingestão e o maior ganho de peso dos leitões alimentados com rações contendo esses produtos decorreram, principalmente, da presença de lactose (MAHAN, 1992). Desde então, pesquisas têm procurado determinar os melhores níveis de lactose nas rações para leitões desmamados, recomendando-se concentrações que variam de 15 a 30% nas rações pré-iniciais e de 10 a 15 % nas rações iniciais (LI et al., 2003; MAHAN et al., 2004).

A aplicação de modernas tecnologias de produção e a opção de novas matérias primas e aditivos de rações, aliados a evolução de conhecimentos na área de nutrição de leitões, tem permitido antecipar a idade de desmame com bons resultados de desempenho dos animais na fase de creche. Por outro lado, os custos das rações pré-iniciais e iniciais são elevados e isso, em parte, se deve a adição de fontes de lactose, o que tem incentivado pesquisadores a estudarem alternativas à lactose nas rações dos leitões.

Dentre as alternativas destacam-se as maltodextrinas, que são produtos da hidrólise enzimática e/ou ácida do amido, compostas por mistura de glicose, maltose e oligossacarídeos, e que possuem valor de dextrose equivalente (DE), medida pelo conteúdo de açúcares redutores expresso como D-glicose na matéria seca, inferior a 20 (DOKIC et al., 2004; STORZ e JURGEN STEFFENS, 2004). Quanto maior o grau de hidrólise, maior é o valor de DE, de modo que o amido apresenta valor de DE igual a zero, enquanto a glicose pura apresenta valor de DE de 100 e os xaropes de glicose valores de DE acima de 20 (STORZ e JURGEN STEFFENS, 2004).

Dentre as características físicas das maltodextrinas, estabilidade, higroscopicidade e osmolalidade são de interesse na produção de rações para leitões desmamados. A estabilidade relaciona-se à vida de prateleira, sendo que as maltodextrinas, por serem normalmente secas em *spray dryer* e comercializadas na forma sólida, apresentam boa estabilidade (MACHAL et al., 1999). Higroscopicidade é a capacidade de uma substância de absorver umidade do meio em que se encontra. Segundo Alexander (1992), todas as maltodextrinas apresentam baixa higroscopicidade

e são usadas para manter baixo o nível de umidade e o empedramento em produtos em pó, características importantes para boa qualidade e homogeneidade das rações.

A osmolaridade de uma solução refere-se à quantidade de partículas de soluto dissolvidas por litro de solução. Ambas as características estão diretamente relacionadas com a DE, sendo que quanto menor o valor de DE do produto, menores serão a higroscopicidade e a osmolaridade (ALEXANDER, 1992; KEARSLEY e DZIEDZIC, 1995).

A osmolaridade elevada no lúmen intestinal dos leitões, principalmente nos dias subsequentes ao desmame, quando o estresse é maior, aumenta o risco da ocorrência de diarreia osmótica, provocada pela maior passagem de fluido para o lúmen intestinal. Dessa forma, a inclusão de maltodextrina às rações de desmame pode ser interessante, já que, conforme Alexander (1992) e Kearsley e Dziedzic (1995), produtos com baixa DE, como a maltodextrina, apresentam alto peso molecular e, conseqüentemente, baixa concentração molecular, exercendo baixa pressão osmótica.

Segundo Machal et al. (1999), uma solução de glicose a 17,0% tem osmolaridade muito maior do que uma solução de maltodextrina (DE de 20) a 17,0%. Em trabalho realizado para avaliar a eficácia da substituição da lactose por amido de milho submetido a dois níveis de hidrólise parcial, DE igual a 20 e DE igual a 42, na alimentação artificial líquida de leitões até os 20 dias de idade, Oliver et al. (2002) não verificaram alteração no desempenho dos animais, na digestibilidade da matéria seca, na concentração de uréia plasmática, na morfologia intestinal e na atividade enzimática, concluindo que o amido de milho hidrolisado é alternativa à lactose nas dietas artificiais líquidas.

Bomba et al. (2002) demonstraram que a maltodextrina pode ser utilizada na ração para aumentar o efeito benéfico dos probióticos no intestino delgado, já que a combinação de *Lactobacillus casei* com maltodextrina reduziu a colonização de *Escherichia coli* no jejuno de leitões gnotobióticos. Do mesmo modo, Liong e Shah (2005) também atribuíram à maltodextrina efeito prebiótico.

Silva et al. (2008) estudaram os efeitos da suplementação dietética de maltodextrina, substituindo parcialmente a lactose e de acidificante sobre o desempenho, viabilidade econômica e digestibilidade em leitões desmamados, e verificaram que rações com maltodextrina e maltodextrina mais acidificante

proporcionaram melhor resultado econômico, e que a adição de maltodextrina e do acidificante não influenciaram o valor nutricional das rações.

Segundo Mavromichalis (2002), a maltodextrina parece ser excelente fonte de açúcares simples para leitões jovens, podendo substituir a lactose desde que seja de alta qualidade e que cuidados sejam tomados durante o preparo das rações, principalmente das peletizadas, para que não haja prejuízo da palatabilidade devido ao calor excessivo. Hauptli et al. (2007) trabalhando com rações simples e complexas para leitões na creche, avaliaram a substituição de lactose pela maltodextrina, concluindo que a maltodextrina pode substituir totalmente a lactose das rações pré-iniciais e iniciais, simples ou complexas, sem comprometer o desempenho dos leitões desmamados aos 21 dias.

2.3. Processo de extração do amido por via úmida

O processamento do milho pode ocorrer de duas maneiras distintas: a seco ou por via úmida. No primeiro caso não requer muita tecnologia e também não gera muitos produtos sofisticados, enquanto o processamento por via úmida gera derivados tecnologicamente superiores. As principais técnicas de processamento do milho foram iniciadas nos Estados Unidos, na época da guerra civil, com o desenvolvimento da produção de amidos por hidrólise.

O grão de milho é dividido em três partes principais: a película ou pericarpo, o endosperma e o embrião, também chamado "germe" ou gérmem (Figura 1).

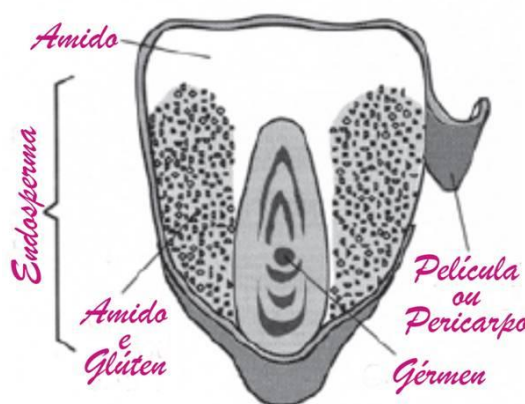


Figura 1. Estrutura do grão de milho (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006).

No processamento do milho por via úmida, o grão é separado em suas partes componentes, amido, gérmen, fibras e proteínas, que são posteriormente subdivididas e processadas.

O processo pode ser dividido em várias fases: a primeira é limpeza do milho recebido, para remover materiais estranhos como pedaços de sabugo e partículas metálicas, entre outros. Essa operação é feita com peneiras, ar comprimido, eletroímãs e outro processos de separação, que torna a operação eficiente na limpeza dos grãos. A esta fase se dá o nome de recebimento, controle e limpeza (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006).

A segunda etapa, que é a maceração, inicia-se logo após o milho limpo ser transportado para grandes tanques, sendo realizada numa série de 8 a 16 tanques de aço inoxidável por meio de processo contínuo em contra-corrente (LOPES FILHO, 1997). Neste, o milho fica entre 24 a 48 horas, em água aquecida (51 a 54°C), contendo pequenas quantidades de dióxido de enxofre dissolvido (em torno de 0,1 a 0,3%), movimentada de um tanque para outro, deixando o sistema após contato com o milho mais novo (ZOBEL, 1992). O ácido sulfúrico diluído, formado pela interação do dióxido de enxofre e a água, controla a fermentação, evita excessivo crescimento bacteriano, e ajuda na separação do amido e das proteínas. Porém, as condições de temperatura e pH proporcionadas pelo processo de maceração permitem, nas primeiras oito horas, o crescimento de *Lactobacillus sp.*, que convertem açúcares provenientes do grão em ácido láctico, mantendo o pH da solução em torno de 4,0 e promovem o amaciamento dos grãos, o que explica o alto teor de ácido láctico contido na água de maceração concentrada.

Durante a maceração, os componentes solúveis são extraídos dos grãos e ficam solubilizados. Ao se concluir a fase de maceração, forma-se um produto aquoso de cor que varia entre amarelo escuro a marrom (dependendo do tempo de permanência do produto no processo de fabricação), cheiro agradável, rico em carboidratos não-fibrosos e proteína bruta, comercializado pelo setor animal como fonte protéica na alimentação de ruminantes e monogástricos, chamado comercialmente de Mazoferm® (CORN PRODUCTS BRASIL, 2005).

Segundo Lopes Filho (1997), a maceração é a etapa mais importante, pois as reações químicas que ocorrem entre o SO₂ e os componentes estruturais do grão são

responsáveis pela separação eficiente do amido e da proteína do endosperma. O extrato rico em proteínas resultantes do processo de maceração pode ser usado como nutriente para microrganismos na produção de enzimas, antibióticos e outros produtos de fermentação. A maior parte, contudo, é combinada com as fibras e o glúten na produção de ingredientes para rações animais, ou concentrado em evaporadores, resultando na água de maceração concentrada, que apresenta a seguinte composição média 50,14% de proteína bruta, 0,61% de extrato etéreo e 32,25% de carboidratos não fibrosos (SILVA et al. 2008).

Após a maceração, os grãos passam por duas moagens, sendo reduzidos a pequenos fragmentos para liberação e posterior separação do germe pela diferença de densidade entre ele e o restante da massa (água e demais partes do grão), utilizando-se ciclones apropriados (LOPES FILHO, 1997).

A terceira etapa começa com a separação do germe, que contém de 40 a 50% de óleo, e é portanto, mais leve do que o endosperma e a película. A força centrífuga (hidrociclones) é então usada para separar o germe (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006). O germe limpo que foi separado, é seco e o óleo cru removido através de prensas mecânicas e/ou extração com solventes, posteriormente resultando em produto usado em dietas para animais.

A mistura remanescente de película e endosperma passa então através de uma série de operações de trituração e filtragem, em moinhos de impacto para soltar o amido e o glúten das fibras dos grãos. As partículas da película são retidas nas peneiras, enquanto as mais finas partículas de proteínas e amido passam. Toda a película é usada como ingredientes para rações animais e a suspensão de amido-glúten é enviada para os separadores de amido, sendo essa etapa chamada de moagem e peneiração (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006).

A massa fluída de água de amido e glúten é separada por centrifugação. Como o amido e o glúten diferem em densidade, uma quase completa separação é obtida imediatamente. O glúten é seco, resultando em outro produto que pode ser utilizado em ração animal. O amido, com ainda um a dois pontos percentuais de proteínas é diluído, lavado (de 8 a 14 vezes), diluído e lavado novamente em hidrociclones até que seja removido o último vestígio de proteínas, chegando-se assim ao amido de alta qualidade, com 99,5% de pureza (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006).

Diversos amidos modificados ou derivados podem ser obtidos através do tratamento da massa fluída de amido lavado com produtos químicos ou enzimas. Depois do tratamento, os produtos são recuperados mediante filtragem ou centrifugação e o amido é seco. Parte do amido é comercializada como amido natural ou modificado. A maior parte segue para produção de maltodextrina, xarope de milho e dextrose; essa etapa como um todo é chamada de separação do amido (CORN REFINERS ASSOCIATION, 2006).

O amido, suspenso em água, é liquefeito em presença de ácido e/ou enzima (α -amilase) que o converte em solução com baixo teor de dextrose. O tratamento com outra enzima (glicoamilase) continua o processo de conversão. No processo, os refinadores podem parar a ação ácida ou enzimática, em pontos determinados, para obter as misturas certas de açúcares com dextrose e maltose para os xaropes atenderem a diferentes finalidades; essa etapa é chamada de conversão em xarope.

A produção da maltodextrina por meio do processo de hidrólise do amido resultante da moagem úmida, pode ser catalisada por ácido (geralmente HCl), por enzima (α -amilase), ou por ambos. Independentemente do tipo de hidrólise empregada, o processo é controlado para manter a dextrose equivalente (DE) abaixo de 20, característica do produto (LOYD e NELSON, 1984).

Maltodextrinas obtidas por hidrólise ácida possuem forte tendência de retrogradar, isto é, de formar precipitados insolúveis por meio da associação de fragmentos lineares presentes nos hidrolisados ácidos de baixa DE, resultando em soluções de maltodextrina com aspecto opaco ou enevoadado, condição não desejável para certas aplicações (LOYD e NELSON, 1984; KENNEDY et al., 1987).

O emprego das hidrólises ácido-enzimática e/ou enzimática previne a retrogradação, uma vez que a enzima utilizada, geralmente a α -amilase bacteriana, tem maior especificidade em hidrolisar as cadeias lineares de dextrina do que as ramificadas, e permite a obtenção de maltodextrinas com baixa higroscopicidade e alta solubilidade em água (LOYD e NELSON, 1984).

Após o processo de hidrólise, o pH da maltodextrina bruta é estabilizado em aproximadamente 4,5. A solução é filtrada para remoção de possíveis resíduos de fibra, lipídios e proteínas que tenham precipitado, refinada por meio de carbono ativado para remoção de cor ou odores não característicos e seca por processo *spray dryer* para

obtenção da maltodextrina na forma de pó branco com 3 a 5% de umidade (LOYD e NELSON, 1984; KENNEDY et al., 1987).

2.4. Sistema de desidratação por aspersão, atomização ou *spray dryer*

A indústria alimentícia possui técnicas de processamento que podem ser usados na elaboração de matérias primas para rações animais de alto valor nutricional, dentre elas o processo de aspersão, atomização ou *spray dryer*, que pode ser empregado para potencializar características desejadas de matérias primas, mesmo subprodutos de processos industriais.

A desidratação por atomização é aplicável a maioria dos produtos em suspensão ou solução, contendo concentrações de sólidos mínima de 20%. Sua utilização é uma questão de custo e disponibilidade. De maneira geral, os atomizadores são equipamentos caros, e seu uso deve ser contínuo para compensar os custos de sua utilização (DAIUTO e CEREDA, 2003).

Para que ocorra a desidratação das matérias primas nesse processo é utilizado comumente um veículo da transferência de calor. O ar é o veículo da transferência de calor mais utilizado, devido a sua abundância, conveniência e porque seu controle no aquecimento do alimento não apresenta maiores problemas. Outro ponto a ser considerado em seu uso é que não é necessário nenhum sistema de recuperação de umidade, como acontece para os outros gases utilizados para esta função (DAIUTO e CEREDA, 2003).

O ar conduz calor ao produto, provocando a evaporação da água, sendo também o veículo do vapor úmido liberado do alimento. Necessita-se de 5 a 7 vezes mais ar para conduzir o calor ao produto do que para transportar o vapor removido. A velocidade de evaporação da água no produto, além da velocidade do ar, é diretamente proporcional à área superficial e porosidade do produto (DAIUTO e CEREDA, 2003).

Gava (1978) classifica os tipos de desidratadores em: adiabáticos e de transferência de calor por superfície sólida. Os desidratadores do tipo *spray dryer*, ou atomizadores, são do tipo adiabático, e o calor é conduzido por meio de ar quente, como também ocorre nos secadores de cabine, de túnel, leito fluidizado, fornos, *flash dryer*, *puff dryer* e *foam mat dryer*. O mesmo autor descreve os atomizadores como equipamentos onde a secagem se faz por pulverização em processo contínuo e onde um

líquido ou pasta é transformado em produto seco, caracterizando-se pelo tempo de secagem relativamente mais curto que nos outros secadores (Figura 2). O processo consiste basicamente na atomização do líquido em compartimento que recebe fluxo de ar quente. A rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete demasiadamente o produto.

O *spray dryer* é utilizado na indústria alimentícia, nutrição animal e farmacêutica, para elaboração de produtos como: leite em pó, soro de leite, maltodextrinas, plasma sanguíneo, levedura de cana, café solúvel, dentre outros.

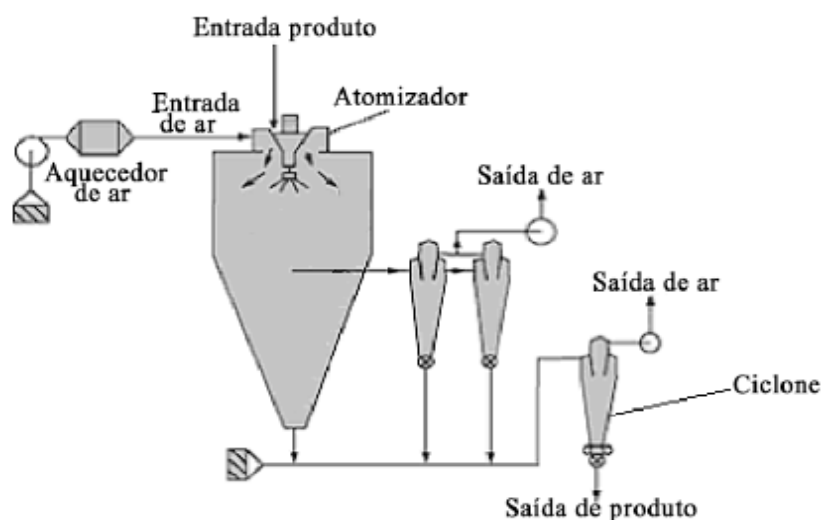


Figura 2. Esquema de funcionamento do *spray dryer* (DAIUTO e CEREDA, 2003).

Segundo Domingues et al. (2002), quando bem conduzida a desidratação por atomização gera um produto de maior valor nutritivo, estável e também versátil em sua utilização, podendo ser empregado como aromatizante e corante em formulações alimentícias para humanos ou animais. As propriedades físicas relacionadas com a qualidade dos produtos obtidos são influenciadas pelas condições operacionais do secador e características da suspensão dos alimentos (MASTERS, 1991).

A pulverização ou atomização do líquido na câmara de secagem pode ser feita por discos ou bicos atomizadores. No primeiro caso (sistema centrífugo), um disco ranhurado girando a alta velocidade pulveriza o líquido e projeta as gotículas de

maneira radial ao fluxo de ar quente que entra pelo dispersor de ar situado na parte superior da câmara. A câmara normalmente tem forma cilíndrica na sua parte superior e cônica na sua parte inferior (DAIUTO e CEREDA, 2003). A atomização através de bicos atomizadores pode ser feita por bombas de alta pressão ou por sistemas pneumáticos (ar comprimido). O aquecimento do ar pode ser realizado por contato indireto, como em tubulações aletadas aquecidas por vapor, óleo, sistema elétrico, queima direta de gás ou outro combustível, e a forma como o ar quente entra em contato com o líquido atomizado é muito importante para definir as características do pó final (DAIUTO e CEREDA, 2003).

Gava (1978) explica que o fluxo de ar quente é normalmente introduzido na câmara através do dispersor de ar localizado na parte superior ou inferior da mesma. O líquido pulverizado pode ter o mesmo fluxo do ar quente (fluxo paralelo) ocorrendo, neste caso, um contato do produto mais úmido com o ar mais quente, sistema usado para produtos mais sensíveis ao calor. No fluxo em contracorrente o líquido é pulverizado em posição oposta à entrada de ar quente, ocorrendo contato da partícula mais seca com o ar mais quente. Tal sistema utiliza eficientemente o calor, sendo indicado para produtos menos termo sensíveis. Alguns atomizadores usam o sistema misto, combinando os dois tipos anteriores.

Quando o ar quente, em temperatura de 180 a 230°C, entra em contato com a partícula úmida, ocorre desidratação quase instantânea da gotícula e evaporação da água na câmara de secagem (DAIUTO e CEREDA, 2003).

O ar de secagem sai pela parte inferior do aparelho em temperatura de 60 a 100°C, passando por ciclones para recuperar as partículas finas através da força de gravidade e permitindo a saída do ar limpo para a atmosfera, através de chaminés. A construção da câmara e as condições de trabalho são ajustadas de modo a permitir a evaporação da água, sem elevar demasiadamente a temperatura do produto. A separação do produto seco do ar de secagem tem grande influência sobre as características do pó final, devido ao manuseio mecânico usado nesta separação, de modo que o excessivo manuseio mecânico resulta em pó mais fino (DAIUTO e CEREDA, 2003).

A Figura 3 apresenta as opções de dois tipos de partículas que podem ser obtidas no *spray dryer*, as aglomerações de amido nativo e as partículas com encapsulantes. Os

bicos aspersores são também um dos responsáveis pela distribuição do tamanho das partículas no produto desidratado.

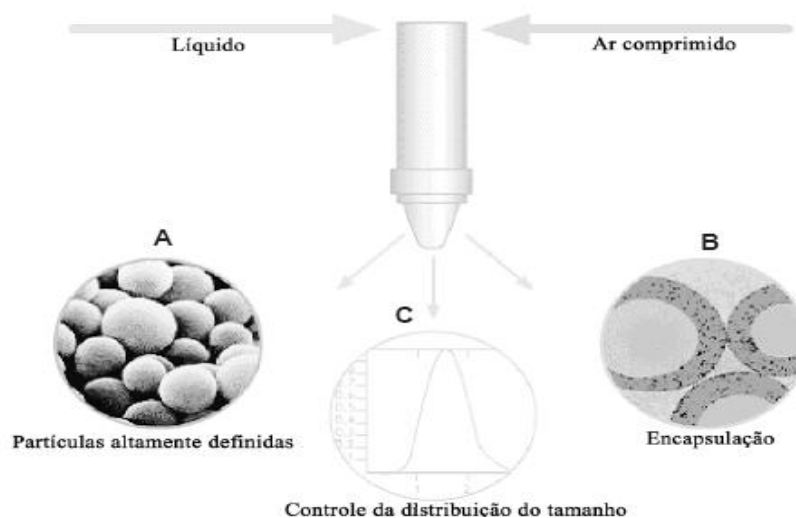


Figura 3. Características de dois tipos de partículas obtidas por aspersor (DAIUTO e CEREDA, 2003).

Segundo Gava (1978), sempre os atomizadores usam dois sistemas básicos de separação, a separação principal do produto em pó na parte inferior (base) da câmara de secagem e a separação do pó mais fino em ciclones. O ar de secagem sempre arrasta partículas finas que são recuperadas em sistemas de separação, sendo que o pó mais fino, coletado nos ciclones, pode ou não ser misturado com o pó obtido na base do atomizador.

Para Gava (1978), as quatro fases da atomização interferem nas características do produto final em pó. A maneira de atomizar e as propriedades do líquido atomizado influenciam o tamanho da partícula sólida, sua densidade, aparência e umidade. Já o tipo de contato líquido ar quente e a evaporação influenciam a densidade do pó, aparência, umidade, retenção de aroma e sabor, enquanto a técnica de separação do pó do ar seco influencia a granulometria do produto desidratado.

Os produtos oriundos após a secagem em *spray dryer* constituem ingredientes de características estáveis, sendo incorporado a qualquer tipo de mistura seca e/ou úmida. Entretanto, a alta higroscopicidade de natureza termoplástica destes produtos na forma física de pó causam problemas tais como: adesão na parede do secador, dificuldade de manipulação, empastamento, entre outros. Portanto, o uso de aditivos para facilitar a

secagem e melhorar as propriedades de transporte, armazenamento e mistura dos produtos obtidos em *spray dryer* é praticamente inevitável (BHANDARI et al., 1993).

Neste sentido, os principais coadjuvantes no processo de secagem em *spray dryer*, segundo Daiuto e Cereda (2003), são os amidos e seus derivados, que encontram aplicação como suporte para produtos desidratados por atomização, mercado pouco explorado e que tem sido atendido sem a devida atenção. A escolha de um suporte à desidratação é questão de custo/benefício, mas em geral os melhores resultados são obtidos com maltodextrinas produzidas por extração via úmida e enzimática.

As maltodextrinas, dextrinas e amidos nativos são bastante usados como suportes, mas principalmente para produtos de menor preço; neste caso há necessidade de escolher as matérias primas que ofereçam melhor desempenho e menor custo.

2.5. Microencapsulação

O processo de microencapsulação gera minúsculas partículas de ingredientes ativos de gases, líquidos ou sólidos que são empacotadas dentro de outro componente. O material a ser encapsulado é designado por núcleo, material ativo ou fase interna, enquanto o material que forma o revestimento é referido como material de parede, carregador, membrana, casca ou revestimento (CONSTANT e STRINGHETA, 2002). As microcápsulas possuem diâmetros variados e diversas formas. O processo envolve algumas etapas: escolha do material de parede, preparo da emulsão, homogeneização da emulsão e finalmente, a secagem da emulsão por atomização, sendo que o material retirado do secador apresenta-se na forma de glóbulos, podendo conter bolhas internas e superfície rugosa ou lisa (ALEXANDER e KING, 1985; SHAHIDI e HAN, 1993).

A microencapsulação é técnica relativamente recente que vem se desenvolvendo em ritmo acelerado. O conceito básico é de um agente ativo aprisionado em invólucro protetor, semelhante a um *coating*, para ser liberado em determinado momento programado. A liberação vai depender do material empregado na confecção do envelope, ou parede protetora e das condições físicas vigentes (CONSTANT e STRINGHETA, 2002).

O calor, umidade e oxidação podem afetar adversamente alguns ingredientes durante o processamento ou na estocagem de modo que formulações desidratadas e microencapsuladas podem ter sua liberação controlada, suspensa ou postergada e ter

seus agentes ativos sensíveis ao oxigênio protegidos no processo e na fase de estocagem; além disso, muitos aromas são altamente voláteis e podem ser melhor conservados nos alimentos quando encapsulados. Também é possível alterar as propriedades das microcápsulas pensando em aplicações específicas, principalmente no que se refere a sua composição, solubilidade, mecanismo de liberação, tamanho e forma da partícula.

Devido a esses fatores, a indústria de aditivos é a que mais tem usado a tecnologia de microencapsulação no processamento de alimentos. A microencapsulação favorece o aumento da vida útil, da manutenção do *flavor* (sabor + aroma), da cor e dos melhores valores nutricionais e outras características valiosas aos produtos formulados a partir de ingredientes naturais, propiciando a redução do uso de ingredientes sintéticos (DAIUTO e CEREDA, 2003). Os microencapsulados podem ser classificados em aqueles que protegem o ingrediente em si, melhoram o produto acabado como um todo ou facilitam o processo de produção (DAIUTO e CEREDA, 2003). No primeiro caso, pode-se usar para ingrediente que apresenta comportamento instável na presença de outros ingredientes.

A microencapsulação pode ser também usada para mascarar o aroma ou a cor de certos ingredientes. Este fator tem importância em alimentos onde o *flavor* e o aspecto visual são componentes relevantes na decisão de compra para humanos e na atração do alimento para animais. Finalmente, a microencapsulação pode converter materiais líquidos em cápsulas sólidas ou pós granulados e em casos onde é desejável a adição de um novo ingrediente, em determinado momento do processo de produção, sem necessidade de novas linhas de alimentação e fases de incorporação (DAIUTO e CEREDA, 2003). Para essas aplicações podem-se empregar cápsulas que serão ativadas termicamente ou por efeito de cisalhamento, aproveitando ou suscitando mudanças nas condições do processo para que seja liberado o material microencapsulado (CONSTANT e STRINGHETA, 2002).

Geralmente, polímeros solúveis em água são usados para microencapsular núcleos orgânicos, enquanto núcleos hidrossolúveis são microencapsulados por material hidrofóbico (CONSTANT e STRINGHETA, 2002).

A espessura da membrana formada sobre o núcleo pode ser manipulada para alterar a permeabilidade e a estabilidade da microcápsula. O agente encapsulante pode

representar de 1 a 70 % do peso da microcápsula, no entanto, na maioria das aplicações comerciais, o peso deste revestimento varia em uma faixa de 3 a 30% (CONSTANT e STRINGHETA, 2002). Os materiais usados como agentes encapsulantes pertencem às seguintes classes: gomas (goma arábica, agar, carragena e alginato de sódio), carboidratos (amido, maltodextrina, açúcar, amidos modificados, ciclodextrina e xaropes de amido), celulose (carboxi-metil-celulose, etil-celulose, metil-celulose, acetil-celulose e nitrocelulose), lipídeos (cera parafina, triestearina, ácido esteárico, óleos, gorduras, monoglicerídeos, diglicerídeos e óleos hidrogenados) e proteínas (glúten, caseína, gelatina, albumina, hemoglobina, peptídeos).

Maltodextrinas e dextrinas têm sido utilizadas há anos como agentes encapsulantes para aromas em processo de atomização ou *spray dryer*. Um dos primeiros métodos bem sucedidos empregando a tecnologia de secagem foi um processo patenteado por Thomas e Atwell (1997), que envolve o uso de dextrinas derivadas de amidos oxidados. Antes do desenvolvimento deste processo o maior obstáculo no uso de amido como agente encapsulante era sua susceptibilidade ao escurecimento (reação de Maillard) durante o procedimento de encapsulação, resultando em sabor, cor e aroma inaceitáveis (THOMAS e ATWHEEL, 1997). Modificações dos amidos e dos processos permitiram eliminar estes problemas.

A preparação de um produto microencapsulado envolve uma série de etapas. Inicialmente, deve-se verificar a necessidade da microencapsulação, observando-se sempre se ela vai acentuar a qualidade de produto ou participar do desenvolvimento de um produto inteiramente novo. Depois, deve se escolher o encapsulante que permita a liberação do núcleo da forma desejada. Finalmente, deve ser selecionado o processo para preparar as microcápsulas (CONSTANT e STRINGHETA, 2002).

2.6. Técnica de encapsulação

A encapsulação conduzida em *spray dryer* envolve três etapas. A primeira, relativa à preparação da dispersão ou emulsão a ser processada; a segunda, a homogeneização da dispersão e finalmente, a atomização da massa dentro da câmara de secagem (DAIUTO e CEREDA, 2003).

A mistura a ser atomizada é preparada pela dispersão do material que se deseja encapsular em uma solução encapsulante. A emulsão formada, do tipo óleo em água, é

atomizada na câmara de secagem, onde entra em contato com corrente de ar quente. A água é evaporada produzindo partículas secas de formato esférico, com a matriz oleosa inserida na fração hidrossolúvel (CONSTANT e STRINGHETA, 2002).

Entre as vantagens do emprego do *spray dryer* na técnica de encapsulamento, as mais importantes estão relacionadas ao fato do processo ser econômico e flexível, possibilitar o uso de equipamentos já disponíveis e do fato de produzir microcápsulas de boa qualidade (DZIEZAK, 1998). A rápida evaporação da água da matriz encapsulante durante a secagem faz com que o núcleo permaneça a uma temperatura abaixo de 100°C, o que permite que o processo seja empregado até mesmo para substâncias termo sensíveis. Devido à complexidade de sua composição é possível haver perdas de componentes com pontos de ebulição muito baixos quando o produto deve reter aroma e sabor (DAIUTO e CEREDA, 2003).

A produção de pó com granulometria fina é outra limitação do processo, pois poderá tornar necessária nova manipulação, como a aglomeração, para aumentar o tamanho das partículas. Quanto à forma, as capsulas são idealmente esféricas, embora seu formato seja influenciado pela estrutura original do ingrediente encapsulado (KING, 1995).

A Figura 4 apresenta as características possíveis das partículas de material desidratado microencapsulado, que podem variar em função do tipo de matéria prima e suporte, mas principalmente dos modelos e das condições do atomizador.

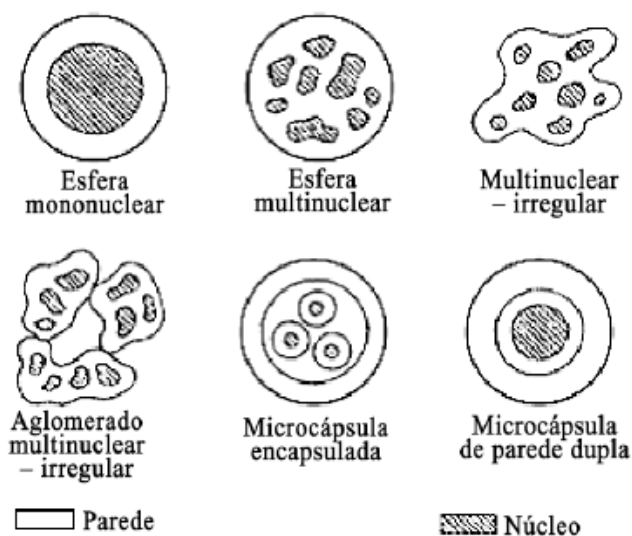


Figura 4. Características físicas das partículas microencapsuladas após processamento em *spray dryer* (DAIUTO e CEREDA, 2003).

Segundo Constant e Stringheta (2002), as propriedades das microcápsulas são a estrutura e o mecanismo de liberação. As microcápsulas formadas apresentam formato idealmente esférico, mas variam predominantemente de acordo com a forma do material ativo e com o método de encapsulação empregado. Dentre as conformações possíveis, pode-se ter microcápsulas com um ou mais núcleos, na forma isolada ou agregada em cachos. Além disso, é possível uma estrutura com várias paredes encapsulantes diferentes para um mesmo núcleo;

Em relação ao mecanismo de liberação, a liberação controlada do núcleo, efetuada de forma adequada, é uma das mais importantes propriedades da microencapsulação. A matriz encapsulante protege o material ativo da umidade, luz, oxigênio e agentes externos e controla a liberação deste material.

2.7. Controle de qualidade dos produtos produzidos em *spray dryer*

As análises de controle em desidratação por atomização são bastante específicas e muitas vezes difíceis de serem realizadas. Segundo a literatura, resumidamente estão apresentadas as metodologias de avaliação de processo e produto:

- Umidade: determinada em estufa com circulação de ar por 4 horas a 105°C;
- Densidade das partículas: determinada em um picnômetro, usando tolueno a 20°C (BHANDARI et al., 1993);
- Molhabilidade: estabelecida colocando 12g do material em pó na superfície de um vasilhame contendo água a 20°C e medindo o tempo em segundos, até o desaparecimento do pó na superfície (BHANDARI et al., 1993).
- Temperatura de pegajosidade: a temperatura de pegajosidade determina quando um produto desidratado que absorveu água começa a ficar pegajoso. Pode ser medida por observação visual em placa de metal polido aquecida em microscópio (Kofler) com regulação de temperatura como recomendado por Bhandari et al. (1993);
- Solubilidade: o teste de solubilidade é muito importante. Os suportes podem variar de insolúveis, como os amidos nativos, até solúveis, como os xaropes hidrolisados, passando por parcialmente solúveis. A literatura sugere algumas metodologias, mas muitas são demasiado subjetivas. Para sucos de frutas é importante a solubilização em água e para produtos farmacêuticos muitas vezes é importante avaliar a solubilidade em álcool;

- Análise de imagem: as amostras são observadas em microscópio ótico com aumento de 400 x. Podem ser também observadas em microscópio eletrônico, para avaliação do tamanho das partículas e morfologia. Os suportes e produtos insolúveis podem ser observados em água, mas os solúveis devem ser observados em glicerol, para poder manter a estrutura característica.

No caso dos suportes amiláceos, a coloração com lugol pode ser importante auxiliar, por dar idéia do tipo de suporte utilizado em função da cor de reação, azul com amido nativo, violeta ou vermelho com dextrinas, entre outras.

Brennan et al. (1971) preconizam o uso de técnica microscópica onde a amostra é dispersa em solução a 20% de celoidina em acetato butílico (glicerina também pode ser usada). Os autores sugerem 500 leituras para cada amostra. O tamanho médio das partículas é calculado e expresso em micra e os diagramas de frequência são elaborados quando necessários.

Com base na revisão de literatura apresentada, o Capítulo II, intitulado **“Desempenho de leitões e digestibilidade das rações contendo ingredientes energéticos e protéicos em substituição ao soro de leite e lactose”**, teve por objetivo avaliar a substituição do soro de leite e lactose das rações pré-iniciais e iniciais de leitões por *blends* e matérias primas de origem animal e vegetal, sobre os parâmetros de desempenho e coeficientes de digestibilidade aparente das rações. A redação deste capítulo foi realizada de acordo com as normas da *Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, publicada pela *Sociedade Brasileira de Zootecnia*.

3. Referências bibliográficas

ALEXANDER, K.; KING C. J. Factor governing surface morphology of spray-dried amorphous substances. **Drying Technology**, California, v. 3, n. 3, p. 321-348, 1985.

ALEXANDER, R. J. Maltodextrins: production, properties, and applications. In: SCHENCK, F. W.; HEBEDA, R. E. (Eds.). **Starch hydrolysis products: worldwide technology, production and applications**, New York: VCH, p. 233-275. 1992.

BHANDARI, B. R. et al. Spray drying of concentrated fruit juices. **Drying Technology**, New York, v. 11, n. 5, p. 1081-1092, 1993.

BOMBA, A. et al. Improvement of the probiotic effect of micro-organisms by their combination with maltodextrins, fructo-oligosaccharides and polyunsaturated fatty acids. **British Journal of Nutrition**, Slovak Republic, v. 88, Supplement 1, p. s95-s99, 2002.

BRENNAM, J. G.; HERRERA, J.; JOWITT, R. A study of some of the factors affecting the spray drying of concentrated orange juice, on laboratory scale. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 6, p. 295-307, 1971.

CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; REINHART, G. A. Evaluation of various extracted vegetable oils, roasted soybeans, medium-chain triglyceride and an animal-vegetable fat blend for postweaning swine. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 68, n. 9, p. 2756-2765, 1990.

CLARK, L. K. Biosecurity program for multisite production. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 7., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABRAVES, 1997. p. 25-31.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C. Microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 12-18, 2002.

CORN PRODUCTS BRASIL. **Nutrição animal**. São Paulo, 2005. Parecer técnico.

CORN REFINERS ASSOCIATION. **Corn wet milled feed products**. 4th ed. Washington, DC, p.33, 2006.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulamento. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. (Orgs.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, p. 449-474, 2003.

DOKIC, L.; JAKOVLJEVIC, J.; DOKIC, P. Relation between viscous characteristics and dextrose equivalent of maltodextrins. **Starch/Starke**, Serbia and Montenegro, v. 56, p. 520-525, 2004.

DOMINGUES, A. et al. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananás comosus*) em pó desidratado por spray dryer otimizado através de análise de suporte de superfície de resposta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, p. 1717-1720, 2002.

DZIEZAK, J. D. Microencapsulation and encapsulated food ingredients. **Food Technology**, v. 42, p. 136-151, 1998.

EASTER, R. A. Growth, body composition and nutrition. In: MEMORIAS Curso de Lance 1995. San José, 2001. 17 p.

FEDALTO, L. M.; TKACZ, M.; BORGES, S. A. Níveis de lactose e substituição parcial do soro de leite pelo plasma sanguíneo para leitões. CONGRESSO NORDESTINO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: ABRAVES, p. 87-88, 2002.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, p. 239-240, 1978.

GRAÑA, G. L. **Plasma sanguíneo em substituição ao leite desnatado em dietas sem antibióticos para leitões desmamados aos 21 dias de idade**. 2007. 40 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

HAUPTLI, L. et al. Níveis de maltodextrina para leitões desmamados aos 21 dias. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UFV, 1 CD-ROM, 2007.

HAUPTLI, L. **Maltodextrina e óleos como fontes de energia para leitões**. 2009. 64 f. Tese (Doutorado em Zootecnia/Zootecnia)-Faculdade Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

HOWARD, K. A.; FORSYTH, D. M.; CLINE, T. R. The effect of an adaptation period to soybean oil additions in the diets of young pigs. **Journal of Animal Science**, Indiana, v. 68, n. 3, p. 678-683, 1990.

HUGUET, A et al. Effects of level of feed intake on pancreatic exocrine secretions during the early postweaning period in piglets. **Journal of Animal Science**, France, v. 84, p. 2965-2972, 2006.

JENSEN, M. S.; JENSEN, S. K.; JAKOBSEN, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. **Journal of Animal Science**, Denmark, v. 75, p. 437-445, 1997.

JONES, D. B. et al. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pig. **Journal of Animal Science**, Manhattan, v. 70, p. 3473-3482, 1992.

KEARSLEY, M. W.; DZIEDZIC, S. Z. Physical and chemical properties of glucose syrups. In: **Handbook** of starch hydrolysis products and their derivatives. Glasgow: Blackie Academic & Professional. Texas, p. 129-154, 1995.

KENNEDY, J. F. et al. Composition of the low temperature precipitate from commercial high dextrose equivalent maltodextrins and the kinetics of its formation. In: **Starch**. United Kingdom, v. 39, p. 171-178, 1987.

KING, C. J. Spray drying retention of volatile compounds revisited. **Drying Technology: An International Journal**, Berkeley, CA. United States of America; v.13, Issue 5, p.1221-1240, 1995.

LI, D. F.; JIANG, J. Y.; MA, Y. X. Early weaning diets and feed additives. In: XU R. J.; CRANWELL, P. D. (Eds.). **The neonatal pig: gastrointestinal physiology and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, p. 247-274, 2003.

LINDEMANN, M. D. et al. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal of Animal Science**, Saint Paul, v. 62, p. 1298-1307, 1986.

LIONG, M. T.; SHAH, N. P. Optimization of growth of *Lactobacillus casei* ASCC 292 and production of organic acids in the presence of fructooligosaccharide and maltodextrin. **Journal of Food Science**, Australia, v. 70, p. 113-120, 2005.

LOPES FILHO, J. F. Moagem úmida do milho para produção de amido e subprodutos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 42-47, 1997.

LOYD, N. E.; NELSON, W. J. **Glucose and fructose containing sweeteners from starch in starch chemistry and technology**. 2nd ed. Orlando: Academic Press, p. 611-660, 1984.

MACHAL, L. M.; BEEFTINK, H. H.; TRAMPER, J. Towards a rational design of commercial maltodextrins. **Trends in Food Science & Technology**. The Netherlands, v. 10, p. 345-355, 1999.

MAHAN, D. C. Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 70, p. 2182-2187, 1992.

MAHAN, D. C.; FASTINGER, N. D.; PETERS, J. C. Effects of diet complexity and dietary lactose levels during three starter phases on postweaning pig performance. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 82, p. 2790-2797, 2004.

MARION, J. et al. Weaning and feed intake alter pancreatic enzyme activities and corresponding mRNA levels in 7-d-old piglets. **Journal Nutrition**, France, v. 133, p. 362-368, 2003.

MASTERS, K. **Spray drying Handbook**. 5 Ed. New York, Longman Scientific & Technical, 725 p., 1991.

MAVROMICHALIS, I. **Ways to replace lactose in diets for young pigs: a review**. 2002. Disponível em: <<http://www.feedinfo.com>>. Acesso em: 14 mar. 2009.

OLIVER, W. T. et al. Efficacy of partially hydrolyzed corn syrup solids as a replacement for lactose in manufactured liquid diets for neonatal pigs. **Journal of Animal Science**, Raleigh, v. 80, n. 1, p. 143-153, 2002.

OWSLEY, W. F.; ORR, D. E.; TRIBBLE, L. F. Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in the young pig. **Journal of Animal Science**, Lubbock, v. 63, p. 497-504, 1986.

SESTI, L.; MORENO, A. M. Fisiologia reprodutiva da fêmea suína em sistemas de produção com desmame precoce segregado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 7., 1997, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABRAVES, p. 32-40, 1997.

SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Newfoundland, v. 33, n. 6, p. 501-547, 1993.

SILVA, A. M. R. et al. Valor nutricional e viabilidade econômica de rações suplementadas com maltodextrina e acidificante para leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 286-295, 2008.

SILVA, M. J. M. S.; et al. Níveis de inclusão do resíduo do milho (mazoferm), em substituição ao farelo de soja para vacas em lactação. **Acta Science Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 51-57, 2008.

STORZ, E.; JURGEN STEFFENS, K. Feasibility study for determination of the dextrose equivalent (DE) of starch hydrolysis products with near-infrared spectroscopy (NIRS). **Starch**, Germany, v. 56, p. 58-62, 2004.

THOMAS, D. J.; ATWELL, A. **Starches**. Handbook series. Minnesota: Egan, 94 p., 1997.

WALKER, W. et al. Milk versus soybean protein sources for pigs: I. Effects on performance and digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 505-512, 1986.

XU, R. J. Composition of porcine milk. In: XU, R. J.; CRANWELL, P. D. (Eds.). **The neonatal pig-gastrointestinal physiology and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, p. 213-244, 2003.

ZOBEL, H. F. Starch: sources, production, and properties. In: SCHENCK, F. W.; HEBEDA, R. E. (Eds.). **Starch hydrolysis products: worldwide technology, production and applications**. New York: VCH, p. 23-44, 1992.

CAPÍTULO II

Desempenho de leitões e digestibilidade das rações contendo ingredientes energéticos e protéicos em substituição ao soro de leite e lactose

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros de desempenho de leitões desmamados e a digestibilidade aparente das dietas pré-iniciais (PI) e iniciais (I), contendo combinação de ingredientes energéticos e protéicos em substituição ao soro de leite e lactose. Foram utilizados 108 leitões, desmamados com idade média de 21 dias e peso médio $6,02 \pm 0,40$ kg, distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso em quatro tratamentos: controle com soro de leite seco e lactose; concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético contendo maltodextrina e óleo de milho; farelo de glúten 60, maltodextrina e *blend* energético contendo maltodextrina e óleo de milho; *blend* energético protéico contendo maltodextrina, água de maceração do milho e óleo de milho. Durante os períodos experimentais de 0 a 17 e 18 a 29 dias, foram realizadas coletas parciais de fezes para se determinar a digestibilidade aparente utilizando-se o óxido de cromo III (Cr_2O_3) a 0,1% como marcador nas rações. Foram avaliados os parâmetros de desempenho: consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos leitões nos períodos de 0 a 17 e de 0 a 29 dias após o desmame; os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), extrato etéreo (CDAEE), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB); os valores digestíveis de matéria seca (MSD), proteína (PD), extrato etéreo (EED) e energia (ED) das dietas PI e I. Não foram verificadas diferenças entre os tratamentos em relação às variáveis CDR, GDP e CA ($P>0,05$). Não houve influência dos tratamentos nos valores de CDAMS, CDAPB, CDAEB, MSD e ED ($P>0,05$) das dietas PI e I. Foram encontradas diferenças para as variáveis: CDAEE ($P=0,007$), PD ($P=0,002$) e EED ($P<0,001$) para a ração I. Portanto, os *blends* estudados, associados ou não a fontes protéicas de origem animal e vegetal, se mostraram viáveis na substituição do soro de leite e lactose em rações PI e I, sem afetar o desempenho de leitões desmamados dos 21 aos 50 dias de idade e os coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EB.

Palavras-chave: *blend*, maltodextrina, *spray dryer*, suínos

Piglets' performance and digestibility of feed containing energy and protein ingredients to substitute dried whey and lactose

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate parameters for weanling pigs performance and digestibility of pre-initial (PI) and initial (I) diets containing a combination of energetic and protein ingredients to substitute the dried whey and lactose. One hundred and eight weanling pigs aging about 21 days old and with average weight of 6.02 ± 0.40 kg distributed in a randomized complete block design of four treatments: control with dried whey and lactose; whey protein concentrated, maltodextrin and an energetic blend containing maltodextrin and corn oil; gluten meal 60% CP, maltodextrin and energetic blend containing maltodextrin and corn oil; protein energetic blend containing maltodextrin, corn steep liquor and corn oil. Collection of feces was done during the experiment period (0-17 days old and 18-29 days old) in order to determine digestibility. Such assess was done using 0.1% Chromium (III) oxide as a marker in the feed. The assessed performance parameters were: daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed conversion (FC) of piglets from 0 to 17 and from 0 to 29 days after weaning; digestibility coefficient of dry matter (DCDM), ether extract (DCEE), crude protein (DCCP), and gross energy (DCGE); digestible values for dry matter (DMD), protein (PD), ether extract (EED), and energy (ED) on PI and I diets. There was no significant difference among treatments considering DFI, DWG, FC ($P>0.05$). Treatments had no influence upon DCDM, DCCP, DCGE, DMDV, EDV values ($P>0.05$) for PI and I diets. Differences were found for I diet in DCEE ($P=0.007$), PD ($P=0.002$), and EED ($P<0.001$). The studied blends whether associated or not with protein sources (either vegetal or animal) were feasible substitutes for dried whey and lactose in PI and I diets. They did not interfere in the performance of weanling pigs aged from 21 to 50 days old or in the digestibility coefficient of dry matter, crude protein and gross energy.

Keywords: blend, maltodextrin, spray dryer, swine

Introdução

Ao contrário do que ocorre naturalmente, nas suinoculturas comerciais, o desmame não é um processo gradativo que culmina com o desinteresse mútuo entre mãe e prole, mas um evento onde os leitões ainda jovens são abruptamente separados das porcas. Essa prática visa, principalmente, o aumento do número de leitões produzidos por matriz por ano e a melhor eficiência de uso das instalações de maternidade, contudo, normalmente resulta em alterações sociais no ambiente de criação e até mesmo morfofisiológicas nos animais, podendo levar ao surgimento de doenças e, conseqüentemente, em prejuízo econômico.

Durante a fase de amamentação o leitão recebe alimento com alta digestibilidade, que é consumido morno, sob a forma líquida e em espaços regulares de tempo. As principais fontes de energia presentes no leite da porca são a gordura e a lactose que representam, em média, 40 e 25% do teor de matéria seca, respectivamente, contribuindo com mais de 80% do conteúdo de energia bruta (Xu, 2003).

Com o desmame a mudança na dieta é extrema, obrigando o leitão a adaptar-se rapidamente a ração, normalmente farelada e seca, que exige novo padrão de apreensão, e principalmente composta por fontes energéticas e protéicas de origem vegetal, para as quais não possui um sistema enzimático totalmente adaptado para proceder a digestão.

A utilização de produtos lácteos, portanto, especialmente soro de leite (70% de lactose) e lactose cristalina (98% de lactose) é comum nas rações pós-desmame, devido as elevadas digestibilidade e palatabilidade, contudo, contribuem significativamente para elevar os seus custos. A maior ingestão e o maior ganho de peso dos leitões alimentados com rações contendo produtos lácteos decorrem, principalmente, da presença de lactose (Mahan, 1992).

No intuito de reduzir custos, pesquisas têm sido realizadas com maltodextrina, carboidrato obtido a partir da hidrólise do amido, comumente extraído pelo processamento do milho por via úmida, que demonstrou ser eficiente na substituição parcial (Silva et al., 2008) ou total (Hauptli et al., 2007) da lactose nas rações de leitões.

O uso de gorduras e óleos na alimentação de leitões tem sido bastante pesquisado (Cera et al., 1990; Howard et al., 1990; Jones et al., 1992) mas os resultados de desempenho no período pós-desmame se mostram inconsistentes, e nem sempre resultam em melhores taxas de crescimento, principalmente durante as duas primeiras

semanas. Desse modo, existe interesse no desenvolvimento de substitutos lácteos, que segundo Mavromichalis (2002) são, normalmente, misturas de ingredientes lácteos e outras fontes altamente digestíveis de carboidratos e proteínas, principalmente de origem vegetal, usados para substituírem os derivados de leite.

O processamento para obtenção dos substitutos lácteos ou *blends* pode ser conduzido para que o produto final apresente composição específica, ou seja, possibilite a confecção de produtos que possuam teores de carboidrato, proteínas e lipídeos desejados. Portanto, objetivou-se com este trabalho foi avaliar os parâmetros de desempenho de leitões desmamados e a digestibilidade aparente das dietas pré-iniciais (PI) e iniciais (I), contendo combinação de ingredientes energéticos e protéicos em substituição ao soro de leite e lactose.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu, no setor de suinocultura, localizado no município de Botucatu, região centro Sul do estado de São Paulo com latitude 22°53'09" (S), longitude 48°26'42" (O) e altitude de 804 metros. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Foram utilizados 108 leitões mestiços (Landrace x Large White), machos castrados e fêmeas desmamados aos 21 dias de idade, com peso inicial de $6,02 \pm 0,40$ kg, alojados em galpão de creche de alvenaria com pé direito de 3,5 m e com cortinas laterais. As baias metálicas suspensas, com área de 1,75 m² eram equipadas com comedouro, bebedouro tipo chupeta e campânula com resistência elétrica, sendo a parte anterior do piso, sob o comedouro e a campânula, de concreto compacto e a parte posterior composta por piso plástico. Sob as baias a partir do décimo dia do período experimental foi mantida lâmina d'água, que foi esgotada uma vez por semana, dependendo do volume de dejetos produzido.

Os leitões foram submetidos ao programa de alimentação por fases e receberam ração pré-inicial nos primeiros 17 dias e ração inicial dos 18 aos 29 dias pós-desmame.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro tratamentos e nove repetições por tratamento, sendo a unidade experimental composta de três leitões.

Os tratamentos foram: R1 - rações pré-inicial e inicial contendo soro de leite seco (SLS) e lactose (L); R2 - rações pré-inicial e inicial contendo concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético a base de maltodextrina e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; R3 - rações pré-inicial e inicial contendo farelo de glúten 60, maltodextrina e *blend* energético a base de maltodextrina e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; R4 - rações pré-inicial e inicial contendo maltodextrina, *blend* energético protéico a base de maltodextrina, água de maceração concentrada e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L.

A maltodextrina e a água de maceração concentrada foram obtidas a partir do processo de extração do amido de milho por via úmida. O *blend* energético (BE) e o *blend* energético protéico (BEP) foram produzidos para fins de pesquisa por processo industrial em *spray dryer*, onde as matérias primas foram atomizadas e a maltodextrina participou como agente encapsulante no processo de microencapsulação dos seus constituintes.

Os *blends* continham em média, 97,2% de matéria seca, 65,7% de maltodextrina e 31,5% de extrato etéreo (BE) e 96,5% de matéria seca, 73,7% de maltodextrina, 10,1% de proteína bruta, 5,8% de extrato etéreo, 4,4% matéria mineral e 2,5% de fibra bruta (BEP).

As rações foram formuladas para atender, no mínimo, as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2005) e fornecidas à vontade. As composições percentuais e nutricionais das rações pré-inicial e inicial são apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, respectivamente.

Tabela 1. Composição percentual das rações pré-iniciais e iniciais utilizadas no experimento.

Ingredientes	Rações							
	Pré-iniciais				Iniciais			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Milho	50,480	50,480	50,480	50,480	54,900	54,900	54,900	54,900
Farelo de soja (45%)	22,000	22,000	22,000	22,000	25,000	25,000	25,000	25,000
Farelo de glúten (60%)	2,000	2,000	3,770	2,000	1,410	1,410	2,320	1,410
Levedura de cana	4,000	4,000	4,000	4,000	3,590	3,590	3,590	3,590
Soro de leite doce	10,000	-	-	-	5,000	-	-	-
Lactose (99%)	1,100	-	-	-	0,560	-	-	-
Maltodextrina	-	4,900	4,950	1,440	-	0,450	0,480	0,980
Concentrado prot. de soro de leite	-	1,570	-	-	-	0,780	-	-
<i>Blend</i> energético ¹	-	6,000	6,000	-	-	6,000	6,000	-
<i>Blend</i> energético protéico ²	-	-	-	10,000	-	-	-	5,000
Açúcar	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Óleo de milho	1,900	0,175	0,190	1,560	1,790	-	-	1,590
Caulim	0,300	0,430	-	-	0,300	0,300	0,020	-
Calcário calcítico	0,750	0,720	0,760	0,900	0,750	0,720	0,740	0,820
Fosfato bicálcico	1,520	1,800	1,750	1,530	1,420	1,580	1,600	1,360
L-Lisina HCl (78,4%)	0,570	0,550	0,680	0,650	0,340	0,330	0,390	0,380
DL-Metionina (99%)	0,080	0,080	0,080	0,090	0,040	0,040	0,040	0,040
L-Treonina (98,5%)	0,200	0,200	0,240	0,240	0,080	0,080	0,090	0,090
L-Triptofano (98%)	0,030	0,029	0,043	0,043	-	-	-	-
Cloreto de sódio	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Cloreto de colina (60%)	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Denagard TM OT ³	-	-	-	-	0,250	0,250	0,250	0,250
Óxido de zinco	0,340	0,340	0,340	0,340	-	-	-	-
Apralan 100 ⁴	0,150	0,150	0,150	0,150	-	-	-	-
Suplemento vitamínico ⁵	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Suplemento mineral ⁶	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹*Blend* energético a base de maltodextrina e óleo de milho; ²*Blend* energético protéico a base de água de maceração do milho, maltodextrina e óleo de milho; ³Associação de oxitetraciclina na forma de cloridrato (10%) e de fumarato de tiamulina hidrogenado (3,5%); ⁴Apramicina (10%); ⁵Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: 9000 UI vit. A; 2250 UI vit D3; 22,5 mg vit. E; 22,5 mg vit. K3; 2,03 mg vit. B1; 6 mg vit. B2; 3 mg vit. B6; 30 mcg vit. B12; 0,9 mg ác. fólico; 14,03 mg ác. pantotênico; 30 mg niacina; 0,12 mg biotina; 400 mg de colina; ⁶Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: 100 mg Fe; 10 mg Cu; 40 mg Mn; 100 mg Zn; 1,0 mg Co; 1,5 mg I.

Tabela 2. Valores nutricionais das rações pré-iniciais e iniciais utilizadas no experimento.

Valores nutricionais	Rações							
	Pré-iniciais				Iniciais			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Extrato Etéreo (%) ¹	5,00	5,03	5,17	5,24	5,38	5,36	5,99	5,72
Proteína bruta (%) ¹	17,48	17,62	17,11	17,17	17,56	16,99	16,79	17,24
Lisina total (%) ²	1,45	1,45	1,45	1,45	1,30	1,30	1,30	1,30
Metionina total (%) ²	0,39	0,39	0,39	0,39	0,35	0,35	0,35	0,35
Treonina total (%) ²	0,97	0,97	0,97	0,97	0,86	0,86	0,86	0,86
Triptofano total (%) ²	0,25	0,25	0,25	0,25	0,23	0,23	0,22	0,22
Cálcio (%) ²	0,83	0,83	0,82	0,82	0,78	0,78	0,78	0,76
Fósforo total (%) ²	0,65	0,65	0,64	0,65	0,63	0,63	0,63	0,61
Lactose Equivalente (%) ³	11,88	11,89	11,86	11,39	7,84	7,84	7,83	7,83

¹Determinados com base nas análises bromatológicas das rações; ²Calculados com base nas análises do *blend* energético e do *blend* energético proteico, composição nutricional média apresentada pelo fabricante para maltodextrina, concentrado protéico de soro de leite e farelo de glúten 60, e composição nutricional média apresentada por Rostagno et al., (2005) para as demais matérias primas; ³Calculados considerando os valores de lactose equivalente de 70% para o soro de leite, 98% para a lactose cristalina, 90% para a maltodextrina, 5% para o concentrado protéico de soro de leite e de 95% para o açúcar.

Os valores de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar foram determinados com base nas pesagens dos leitões no início do experimento, aos 17 e 29 dias do período experimental, e na avaliação da ração consumida em cada período.

No período da manhã, durante os primeiros 14 dias do experimento, foi avaliada a incidência de diarreia por um mesmo observador, sendo expresso como percentual de animais da baia com diarreia. A consistência das fezes foi classificada de acordo com escore um, dois ou três, sendo atribuído valor um para fezes normais, dois para fezes pastosas e três para fezes fluidas, caracterizando animal com diarreia.

As amostras de soro de leite seco, maltodextrina, farelo de glúten 60, concentrado protéico de soro de leite (WPC), *blend* energético e *blend* energético protéico, foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura no laboratório de microscopia eletrônica e análise ultraestrutural da Universidade Federal de Lavras-UFLA, segundo adaptação da técnica proposta por Aburto (1995).

Devido as características físicas das matérias primas, não foi necessário fazer a fixação em solução de Karnovsky, pH 7,2, por 24 horas. As amostras analisadas foram montadas em suportes de alumínio, chamados de *stubs*, com fita de carbono dupla face colocada sobre uma película envoltória de papel alumínio. A metalização das amostras foi realizada em aparelho evaporador de ouro Balzers SCD 050, sendo mantidas em

dissecadores até o momento da observação em microscópio eletrônico de varredura LEO EVO 40.

Durante o período experimental, foram realizados dois ensaios de digestibilidade, pelo método da coleta parcial de fezes, utilizando-se o óxido crômio III (Cr_2O_3) a 0,1% como marcador nas rações pré-iniciais e iniciais (Bremer Neto, 1999). As rações marcadas foram fornecidas aos leitões a partir do 7º e do 19º dia do período experimental, sendo as coletas das fezes realizadas do 12º ao 17º dia e do 24º e o 29º dia.

As coletas das fezes foram realizadas de manhã e à tarde (7h30min e 17h30min). As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e em seguida congeladas. Após a coleta, o piso de todas as baias foi raspado e as fezes remanescentes descartadas. Ao final do experimento, as amostras de cada baia foram descongeladas à temperatura ambiente, levadas à estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65°C por 72 horas, e moídas em moinho de facas tipo Willye, em peneira de Mesh 30 (0,595 mm) para posterior análises. Amostras das rações também foram moídas da mesma forma antes de serem analisadas.

A concentração de óxido crômio III nas rações e nas fezes foi quantificada pela técnica de espectrometria de absorção atômica com chama, utilizando-se o aparelho VARIAN - Atomic Absorption Spectrophotometer®. As análises de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo das rações e das fezes foram realizadas de acordo com a AOAC (1995) e a determinação da energia bruta foi realizada em bomba calorimétrica (IKA® Calorimeter system C5000 control).

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta foram calculados com base nos teores de óxido crômio III e do nutriente na ração e nas fezes de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{CDA (\%)} = 100 - [100 \cdot (\% \text{Cr}_2\text{O}_{3\text{R}} / \% \text{Cr}_2\text{O}_{3\text{F}}) \cdot (\% \text{N}_\text{F} / \% \text{N}_\text{R})]$$

Onde:

$\% \text{Cr}_2\text{O}_{3\text{R}}$ = Porcentagem de óxido de crômio III na ração;

$\% \text{Cr}_2\text{O}_{3\text{F}}$ = Porcentagem de óxido de crômio III nas fezes;

$\% \text{N}_\text{F}$ = Porcentagem de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e teor de energia bruta nas fezes;

$\%N_R$ = Porcentagem de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e teor de energia bruta nas rações;

Os dados de consumo diário de ração, ganho diário de peso, conversão alimentar, coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, extrato etéreo, proteína bruta e energia bruta e os valores de matéria seca digestível, extrato etéreo digestível, energia digestível e proteína digestível, foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Models) do pacote estatístico SAS (2002), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados e discussão

Ensaio de desempenho

Os resultados de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões na fase de creche, recebendo as diferentes rações, nos períodos de 0 a 17 dias e de 0 a 29 dias.

RAÇÕES ¹	CDR (g) ²		GDP (g) ²		CA ²	
	0-17 d	0-29 d	0-17 d	0-29 d	0-17d	0-29d
R1	352	623	224	373	1,59	1,67
R2	382	659	231	389	1,67	1,70
R3	375	631	231	373	1,62	1,69
R4	318	585	200	350	1,59	1,67
CV% ³	14,54	9,57	15,87	9,46	8,81	3,52

¹R1-Rações pré-inicial e inicial com soro de leite seco (SLS) e lactose (L); R2-Rações pré-inicial e inicial com concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (BE) a base de maltodextrina e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; R3-Rações pré-inicial e inicial com farelo de glúten 60, maltodextrina e BE, em substituição ao SLS e a L; R4-Rações pré-inicial e inicial com maltodextrina e *blend* energético protéico a base de maltodextrina, água de maceração concentrada e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; ²Diferenças não significativas ($P > 0,05$); ³CV (%) Coeficiente de variação.

Não houve influência ($P > 0,05$) dos tratamentos no consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar dos leitões. Contudo, os animais alimentados com rações contendo *blend* energético protéico (R4) apresentaram consumo diário de ração e ganho diário de peso numericamente inferiores, tanto nos primeiros 17 dias quanto no período total do experimento, comparado com aqueles alimentados com as demais rações. Provavelmente, a ausência de diferenças estatísticas

no consumo diário de ração e ganho diário de peso tenha sido devido aos coeficientes de variação normalmente elevados para o período estudado.

Considerando que os valores de conversão alimentar dos animais se mantiveram muito próximos entre os tratamentos e que a principal diferença entre as rações com concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (R2), com farelo de glúten 60, maltodextrina e *blend* energético (R3) e com maltodextrina e *blend* energético protéico (R4) foi devido a composição das fontes protéicas, uma vez que os *blends* avaliados eram produzidos pelo processo em *spray dryer* e apresentavam os mesmos constituintes energéticos (maltodextrina e óleo de milho), pode-se inferir que a água de maceração concentrada presente no *blend* energético protéico tenha prejudicado a palatabilidade das rações, causando redução de 9,66% e 6,09% no consumo diário de ração e 10,71% e 6,16% no ganho diário de peso nos 17 dias iniciais e durante todo período experimental, respectivamente, em relação aos leitões que receberam rações contendo soro de leite seco e lactose (R1). Isso pode ser confirmado pelo comportamento de ingestão de alimento pelos leitões, pois aqueles que receberam rações com *blend* energético protéico apreendiam a ração, mas parte dela era devolvida insalivada nos comedouros, evidenciando menor palatabilidade.

A substituição do farelo de soja por níveis crescentes (3,5, 7,0, 10,5 e 14,0%) de água de maceração concentrada do milho (Mazoferm[®]) nas rações para vacas de leite, resultou em diminuição no consumo de matéria seca, o que foi atribuído a menor palatabilidade da água de maceração concentrada, especialmente nos maiores níveis de inclusão (Silva et al., 2008). A melhor palatabilidade de um alimento tem efeito positivo sobre a combinação de sinais que controlam a ingestão e, algumas vezes, provocam aumento prolongado na ingestão (Teixeira, 1998).

Tem sido demonstrado que o melhor desempenho de leitões na fase pós-desmame, alimentados com rações contendo produtos lácteos, deve-se, principalmente, a presença de lactose (Mahan, 1992). Por outro lado, outras pesquisas têm comprovado a possibilidade de substituição parcial ou total da lactose pela maltodextrina nas rações, sem prejuízo no desempenho de leitões desmamados (Silva et al., 2008; Hauptli, 2009). De certo modo, isso também foi constatado no presente experimento, pois se verificou que o soro de leite seco e a lactose podem ser substituídos pela combinação de outras

fontes protéicas, inclusive de origem vegetal, por *blends* a base de maltodextrina e óleo de milho, sem comprometer as variáveis de desempenho dos animais.

O concentrado protéico de soro de leite, em níveis crescentes de substituição ao plasma sanguíneo seco em *spray dryer*, aumentou o ganho de peso e melhorou a conversão alimentar dos leitões no período de 14 aos 35 dias pós-desmame, o que foi atribuído ao tipo de gordura presente no concentrado protéico e seu efeito positivo na digestibilidade (Grinstead et al., 2000). Para produção do concentrado protéico de soro de leite, o soro líquido é forçado através de uma série de membranas porosas onde os componentes são separados com base no tamanho e forma, concentrando as proteínas para produzir produtos com 34-80% de proteína bruta, no entanto, devido ao seu grande tamanho, os fosfolipídios e glóbulos de gordura são separados pelas membranas e acabam concentrados com as proteínas (Morr & Foegeding, 1990).

Não foi verificada ($P < 0,05$) redução no consumo das rações contendo até 3,77% de farelo de glúten 60 (R3), entretanto, Mascarenhas et al. (1999) em experimento de desempenho avaliando dietas simples e complexas para leitões desmamados aos 21 dias de idade, verificaram que o nível de inclusão de 10% do farelo de glúten 60 nas dietas afetou negativamente o consumo e o ganho de peso dos animais dos 21 aos 42 dias de idade, o que foi atribuído a menor palatabilidade das dietas contendo esta fonte protéica, pois as rações diferencavam-se basicamente apenas pela fonte protéica vegetal, onde o farelo de glúten 60 substituiu o farelo de soja integralmente. Por ocasião do desmame aos 21 dias de idade, o sistema digestório dos leitões ainda está passando por modificações fisiológicas visando prepará-los para a digestão de produtos de origem vegetal (Mascarenhas et al., 1999), sendo que primeiramente ocorre aumento na produção das enzimas pancreáticas e desenvolvimento do tamanho dos órgãos auxiliares da digestão (Makkink et al., 1994).

Na produção de *blends* em *spray dryer*, as microcápsulas formadas assumem diâmetros variados e forma de glóbulos, podendo conter bolhas internas e superfície rugosa ou lisa (Shahidi & Han, 1993), resultando, teoricamente, no aumento da superfície de contato, facilitando a atuação das enzimas digestivas, o que poderia ter contribuído para a não ocorrência de diferença no desempenho dos leitões entre os tratamentos. Hauptli (2009) trabalhando com dietas complexas contendo óleo de soja e maltodextrina, óleo palma e maltodextrina e um *blend*, composto de maltodextrina e

óleo de palma, produzido em *spray dryer*, também não verificou diferenças no desempenho de leitões desmamados aos 21 dias de idade.

Kessler et al. (2006) trabalhando com níveis de inclusão crescente de gordura encapsulada com soro de leite em dietas pré-iniciais (3, 6 e 9%) e iniciais (2, 4 e 6%), em substituição ao amido de milho e soro de leite, encontraram resultados favoráveis nas variáveis de desempenho, a medida que aumentava a inclusão o produto, contudo, a fonte de lipídeo usada e o tipo de encapsulação foram diferentes daqueles empregados na elaboração dos *blends* avaliados.

Não houve ocorrência de diarreia nos 14 dias pós-desmame. A ausência de diarreia nos leitões, provavelmente, ocorreu pelo fato das instalações experimentais apresentarem baixo desafio sanitário, devido às rações conterem ingredientes que possuem ações comprovadas no controle de bactérias patogênicas colonizadoras do trato gastrointestinal, como o óxido de zinco e apramicina, e também pelo fato da maioria das rações conterem maltodextrina que apresenta menor osmolaridade em comparação à lactose, pois, normalmente, a osmolaridade do conteúdo intestinal dos leitões é elevada no período pós desmame, devido à menor digestibilidade dos constituintes da dieta, predispondo-os a diarreia osmótica, causada pelo afluxo de água para o lúmen intestinal.

Os resultados de desempenho dos leitões, nas condições experimentais estudadas, utilizando rações contendo concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (R2), farelo de glúten 60, maltodextrina e *blend* energético (R3) ou maltodextrina e *blend* energético protéico (R4), comprovaram a possibilidade de substituir eficientemente o soro de leite e lactose das rações pré-iniciais e iniciais, porém ainda é insuficiente número de pesquisas com *blends* processados em *spray dryer* para dietas para leitões, evidenciando a necessidade de realização de mais estudos com esses produtos.

Ensaio de digestibilidade

Os resultados dos ensaios de digestibilidade estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), extrato etéreo (CDAEE), proteína bruta (CDAPB) e energia bruta (CDAEB), das rações pré-iniciais (PI) e iniciais (I) em leitões na fase de creche.

RAÇÕES ¹	CDAMS (%)		CDAEE (%)		CDAPB (%)		CDAEB (%)	
	PI ³	I ³	PI ³	I	PI ³	I ³	PI ³	I ³
R1	75,84	77,52	49,48	68,87ab	68,55	70,30	75,14	77,49
R2	74,99	76,50	50,95	66,60b	67,77	67,36	74,96	76,49
R3	74,57	76,45	51,10	71,19a	66,01	68,44	74,25	77,86
R4	76,24	76,74	48,46	69,38a	67,03	69,73	75,79	77,67
CV(%) ²	3,49	2,92	11,88	3,61	5,66	4,19	3,70	2,52

¹R1-Raões pré-inicial e inicial com soro de leite seco (SLS) e lactose (L); R2-Raões pré-inicial e inicial com concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (BE) a base de maltodextrina e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; R3-Raões pré-inicial e inicial com farelo de glúten 60, maltodextrina e BE, em substituição ao SLS e a L; R4-Raões pré-inicial e inicial com maltodextrina e *blend* energético protéico a base de maltodextrina, água de maceração concentrada e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; ²CV (%) Coeficiente de variação; ³Diferenças não significativas (P>0,05); ^{a e b}Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem pelo teste de Tukey (P=0,007).

Não houve influência (P>0,05) dos tratamentos nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta das rações pré-iniciais e iniciais.

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) foram semelhantes para rações contendo ou não *blend* energético (R1, R2 e R3) e *blend* energético protéico (R4). Por outro lado, Hauptli (2009), trabalhando com dietas com diferentes fontes de óleo, maltodextrina e *blend* a base de maltodextrina e óleo de palma, verificaram menor valor para o CDAMS da ração pré-inicial contendo *blend* (73,21%) comparado com as rações contendo óleo de soja (76,46%) ou óleo de palma (75,76%), entretanto, os valores de CDAMS determinados por esses autores foram semelhantes aos obtidos no presente estudo.

A presença de soro de leite seco em níveis de 10% nas rações pré-iniciais e de 5% nas iniciais (R1), não melhorou o CDAMS, contudo, Owsley et al. (1986) observaram que a adição de 20% de soro de leite em rações a base de milho e farelo de soja para leitões desmamados aos 28 dias de idade, determinou aumento no CDAMS.

As fontes protéicas de origem animal, especialmente aquelas presentes nos produtos lácteos, possuem maior coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, comparado com o farelo de glúten 60 (Rostagno et al., 2005). No presente experimento, não foram verificadas diferenças no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína

bruta (CDAPB), apesar de terem sido usadas nas rações fontes protéicas como o concentrado protéico de soro de leite (R2), farelo de glúten 60 (R3) e água de maceração concentrada (R4) (Tabela 4), o que pode ser atribuído aos fatos dos coeficientes de digestibilidade terem sido determinados pela técnica de coleta parcial das fezes, ou seja, após a digesta ter sofrido ação da microflora do intestino grosso, além disso, as participações percentuais das fontes protéicas com níveis de inclusão iguais em todas as rações como milho, farelo de soja e levedura de cana contribuindo com, aproximadamente, 90 e 95% do total do teor de proteína bruta formulada das rações pré-inicial e inicial, respectivamente, de modo que, os baixos níveis das demais fontes protéicas nas rações, podem ter sido insuficiente para resultar em diferenças nos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) das rações não foram alterados pelos tratamentos (Tabela 4), o que significa que a energia bruta dos constituintes orgânicos das rações, especialmente dos carboidratos e dos lipídeos, foi igualmente absorvida após o processo de digestão. Considerando que o que diferenciava as rações eram basicamente as fontes de carboidratos (lactose ou maltodextrina) e de lipídeos (gordura do leite, óleo de milho livre ou na forma de *blends*), pode-se admitir que a absorção total da energia desses constituintes das rações foi semelhante. De certo modo, esses resultados concordam com aqueles obtidos por Silva et al. (2008) que substituíram a lactose por maltodextrina na ração pré-inicial de leitões desmamados aos 21 dias e não encontraram diferenças nos CDAEB.

Para as rações pré-iniciais não foram observadas diferenças ($P>0,05$) no coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo (Tabela 4), contudo, para as rações iniciais verificaram-se diferenças significativas ($P=0,007$).

O sistema digestório dos leitões ao nascimento está completamente adaptado à digestão e utilização dos constituintes do leite materno, sendo que a digestão aparente da gordura nessa fase é de 96%; entretanto, logo após o desmame aos 21 dias, a digestão de gorduras e óleos é limitada, devido ao fato dos leitões possuírem baixas atividade da lipase pancreática (Jensen et al., 1997) e secreção de sais biliares, com o comprometimento na emulsificação das gorduras (Jones et al., 1992), o que pode justificar a grande diferença numérica nos coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo verificado entre as rações pré-iniciais e iniciais.

O coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo foi menor ($P < 0,05$) na ração inicial com concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (R2), comparado com aqueles das rações contendo farelo de glúten 60, maltodextrina e *blend* energético (R3) ou maltodextrina e *blend* energético protéico (R4), que por sua vez não diferiu ($P > 0,05$) daquele da ração com soro de leite seco e lactose (R1). Esses resultados, provavelmente, se devem às limitações na determinação do coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo, principalmente relacionadas com os métodos usados para extração e quantificação desta fração, bem como com o método usado para avaliar a digestibilidade aparente. O método da coleta parcial de fezes com o uso de marcador, apesar de muito utilizado, é limitado pelo fato de não existir marcador indigestível que permaneça associado com os componentes da fração lipídeos durante sua passagem pelo trato gastrintestinal (Cera et al., 1988).

Os valores digestíveis de matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia das rações estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores digestíveis de matéria seca (MSD), proteína (PD), extrato etéreo (EED) e energia (ED) das rações pré-iniciais (PI) e iniciais (I) em leitões na fase de creche.

RAÇÕES ¹	MSD(%)		PD(%)		EED(%)		ED(Kcal/kg)	
	PI ³	I ³	PI ³	I	PI ³	I	PI ³	I ³
R1	67,36	68,39	11,98	12,35a	2,47	3,71c	3009	3133
R2	66,38	67,67	11,94	11,45b	2,56	3,53d	3003	3144
R3	66,37	68,66	11,30	11,49b	2,64	4,27a	3004	3187
R4	66,98	68,65	11,51	12,03a	2,54	3,99b	3044	3169
CV(%) ²	3,19	2,47	5,68	4,19	11,79	3,63	3,69	2,52

¹R1-Rações pré-inicial e inicial com soro de leite seco (SLS) e lactose (L); R2-Rações pré-inicial e inicial com concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (BE) a base de maltodextrina e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; R3-Rações pré-inicial e inicial com farelo de glúten 60, maltodextrina e BE, em substituição ao SLS e a L; R4-Rações pré-inicial e inicial com maltodextrina e *blend* energético protéico a base de maltodextrina, água de maceração concentrada e óleo de milho, em substituição ao SLS e a L; CV (%) coeficiente de variação; ²Coeficiente de variação; ³Diferença não significativa ($P > 0,05$); ^{a b}Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($P = 0,002$); ^{a,b,c,d}Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,001$).

Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) nos valores de extrato etéreo digestível (EED) e proteína digestível (PD) entre as rações pré-iniciais, bem como nos teores de matéria seca digestível (MSD) e energia digestível (ED), tanto entre as rações pré-iniciais quanto entre as rações iniciais.

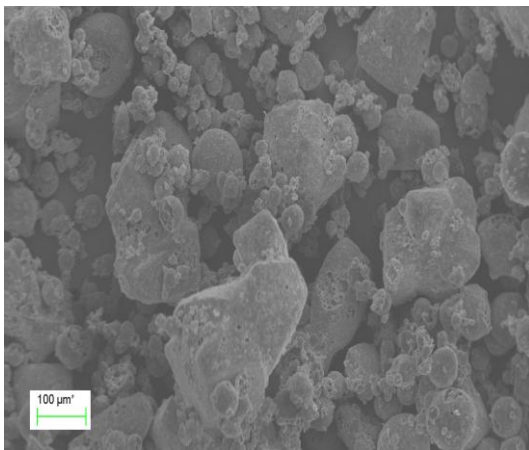
O teor de EED diferiu ($P < 0,01$) entre as rações iniciais e foi decrescente de acordo com a seguinte ordem: ração com farelo de glúten 60, maltodextrina e *blend* energético (R3), ração com maltodextrina e *blend* energético protéico (R4), ração com soro de leite seco e lactose (R1) e ração com concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (R2).

Para os valores de proteína digestível foi encontrada diferença ($P = 0,002$) entre as rações iniciais, sendo os maiores valores verificados nas rações contendo soro de leite seco e lactose (R1) e maltodextrina e *blend* energético protéico (R4) e os menores teores observados nas rações com concentrado protéico de soro de leite, maltodextrina e *blend* energético (R2) e farelo de glúten 60, maltodextrina e *blend* energético (R3). Considerando que os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta foram semelhantes entre as rações iniciais (Tabela 4), a variação nos teores de proteína digestível, provavelmente, ocorreu em função das diferenças entre os níveis de proteína bruta das rações (Tabela 2).

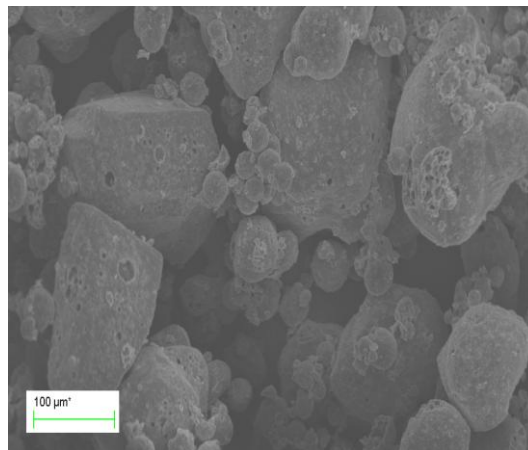
Não ficou claro o porquê da discrepância entre os melhores valores de digestibilidade do extrato etéreo e dos teores de extrato etéreo e proteína digestíveis das rações iniciais e a ausência de resultados no desempenho, contudo, a digestibilidade fecal é uma medida da diferença entre a ingestão e a excreção dos nutrientes, que por sua vez é influenciada pela taxa de absorção, perdas endógenas e utilização pelas bactérias presentes no trato gastrintestinal, não considerando, portanto, a verdadeira utilização pós-absortiva dos nutrientes (Xing et al., 2004).

As eletromicrografias de varredura evidenciaram as seguintes características de cada uma das matérias primas analisadas:

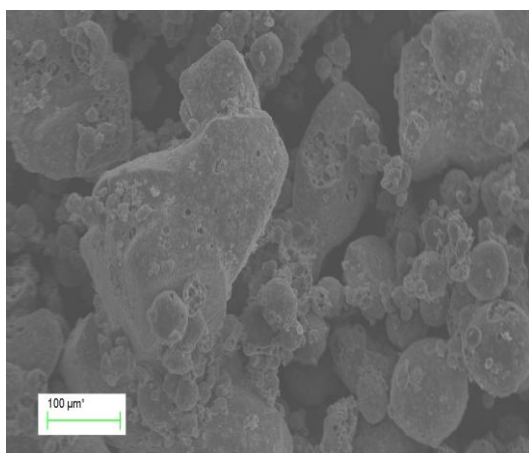
Soro de leite seco (Figura 1): predominância de partículas volumosas, estruturalmente irregulares, com diferentes formas geométricas (a) e de tamanho maior que $100\ \mu\text{m}$ (b); a superfície das partículas apresenta-se com poros e irregular, onde se aderem partículas menores (c, d).



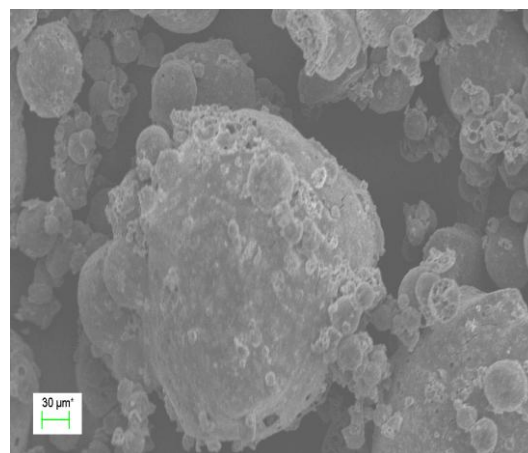
(a).



(b).



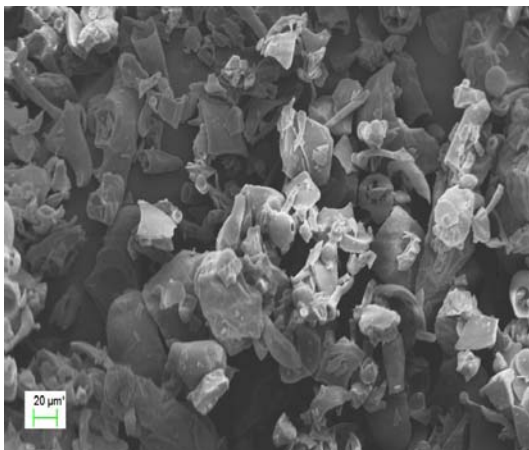
(c).



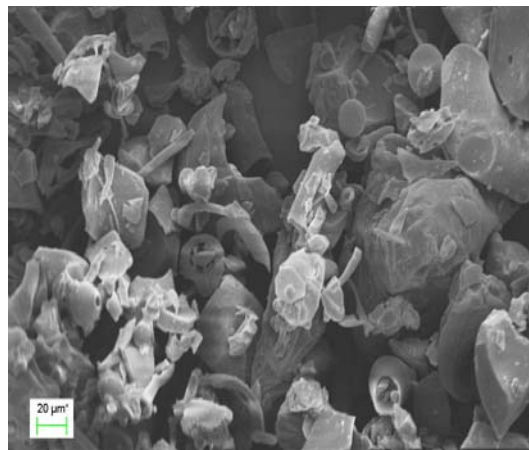
(d).

Figura 1. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto soro de leite seco.

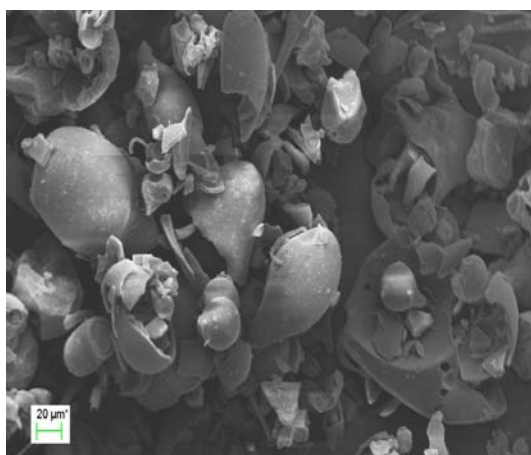
Maltodextrina (Figura 2): predominância de partículas sem padrão geométrico definido, estruturalmente irregulares e fragmentadas (a, c), com tamanho menor que 100 μm (b, d); a superfície das partículas apresenta-se pouco irregular, onde se aderem partículas menores (c, d).



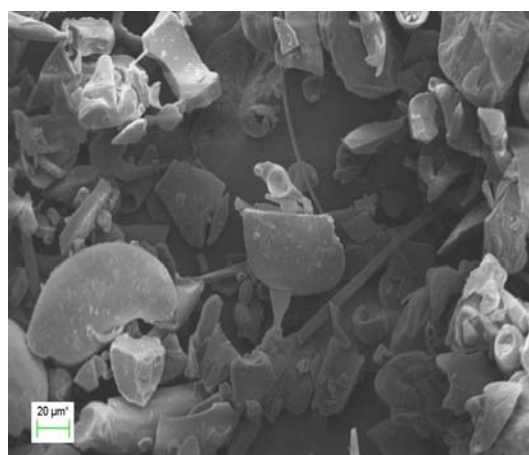
(a).



(b).



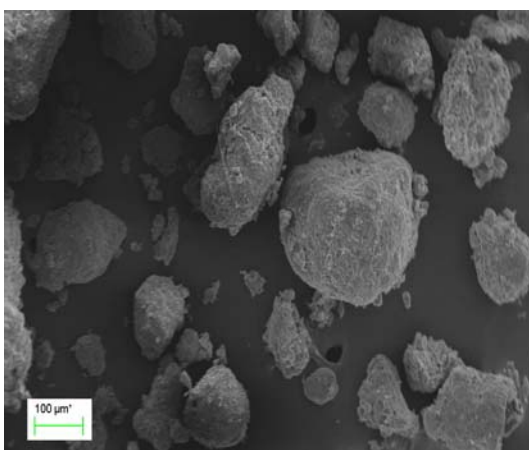
(c).



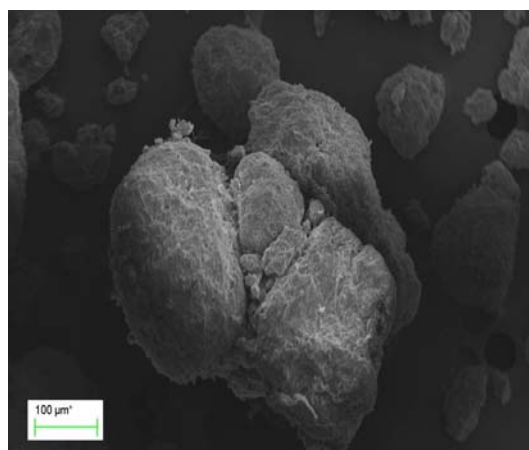
(d).

Figura 2. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto maltodextrina.

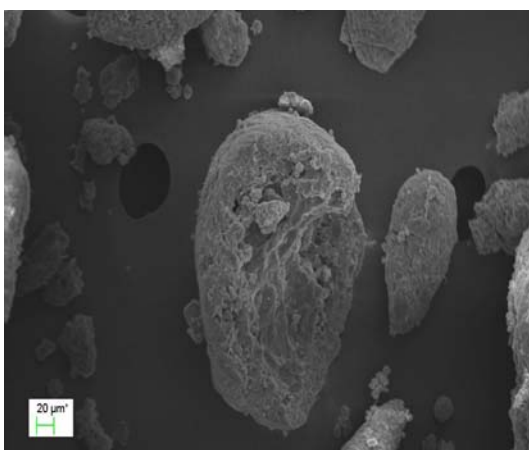
Farelo de glúten 60 (Figura 3): predominância de partículas volumosas, de tamanhos variados (a), cheias e com presença de câmaras internas (d); a superfície apresenta-se irregular (b, c).



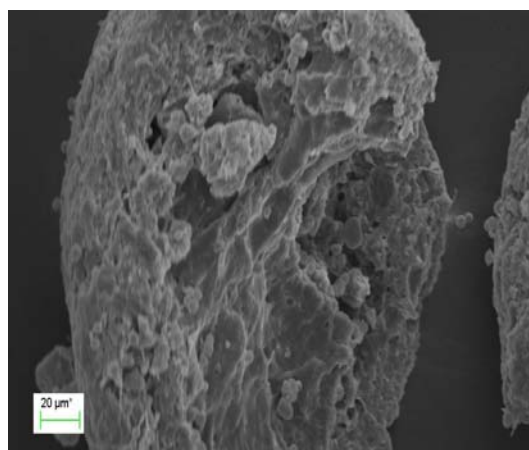
(a).



(b).



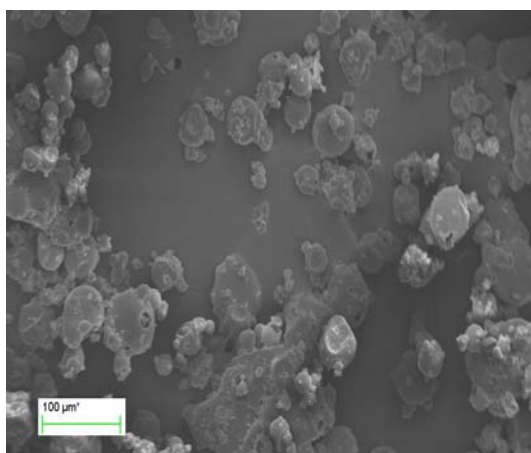
(c).



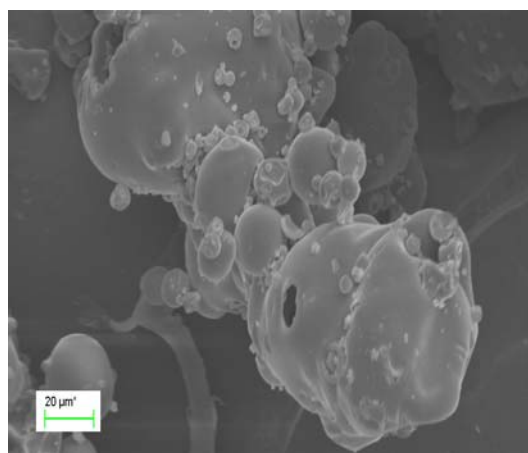
(d).

Figura 3. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto farelo de glúten 60.

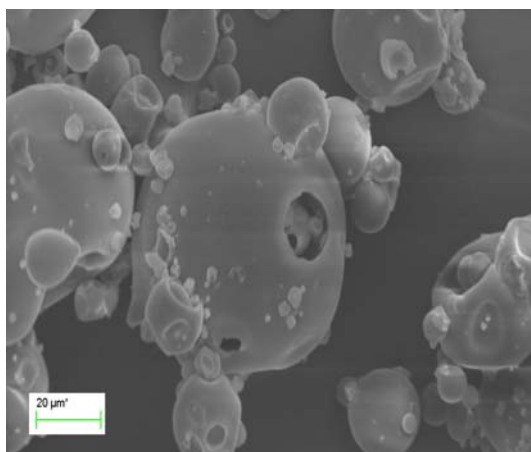
Concentrado protéico de soro de leite (Figura 4): predominância de partículas esféricas, ocas (a, b, c) e com diâmetros menores que 100 μm (a); a superfície das partículas apresenta-se lisa, onde se aderem partículas esféricas menores (c, d).



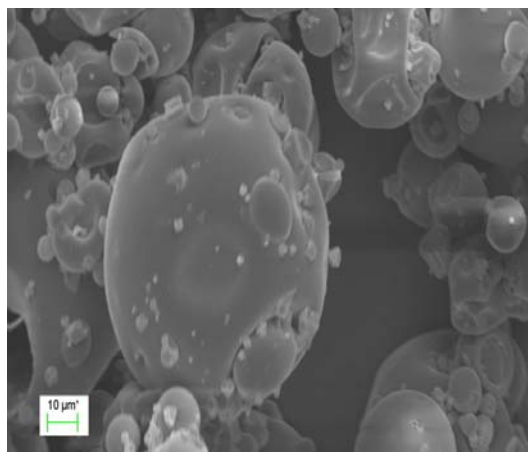
(a).



(b).



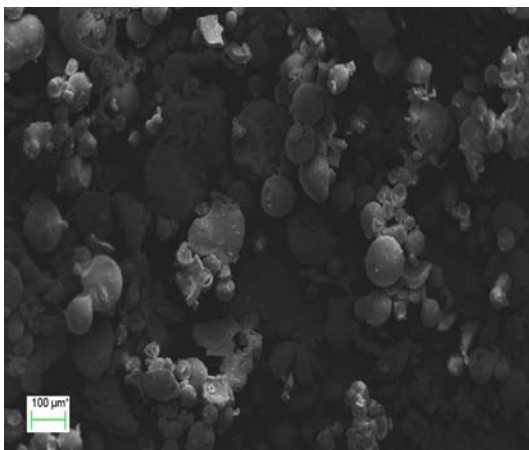
(c).



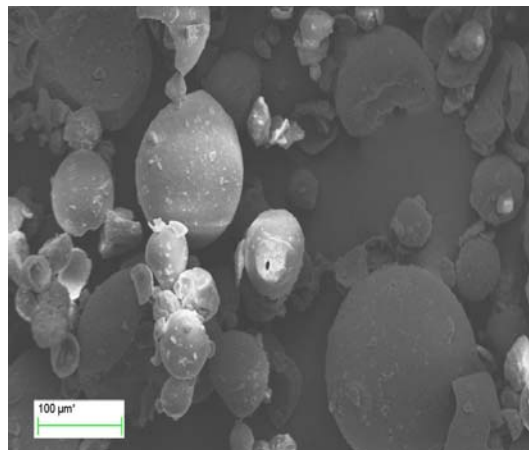
(d).

Figura 4. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto concentrado protéico de soro de leite.

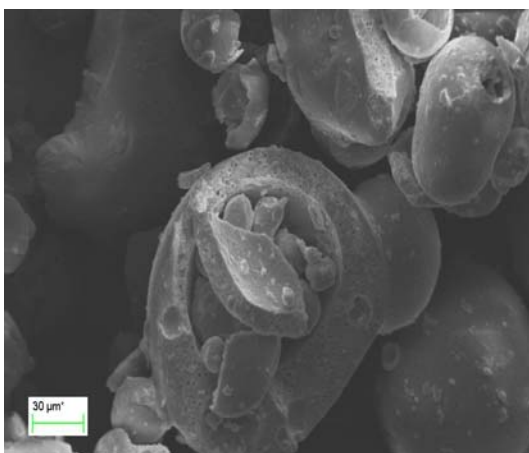
Blend energético (Figura 5): predominância de partículas esféricas (a), com diâmetro menor que 100 μm (b), ocas, contendo pequenas partículas internas e com parede espessa (c, d); a superfície das partículas apresenta-se pouco irregular (b), onde se aderem partículas menores (c, d).



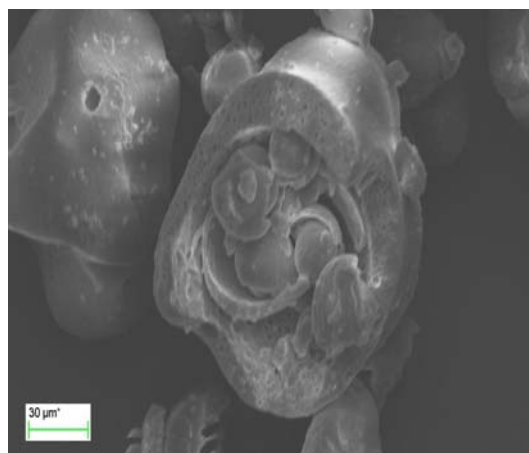
(a).



(b).



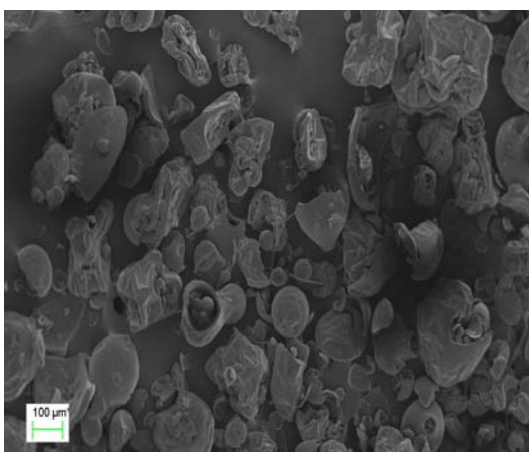
(c).



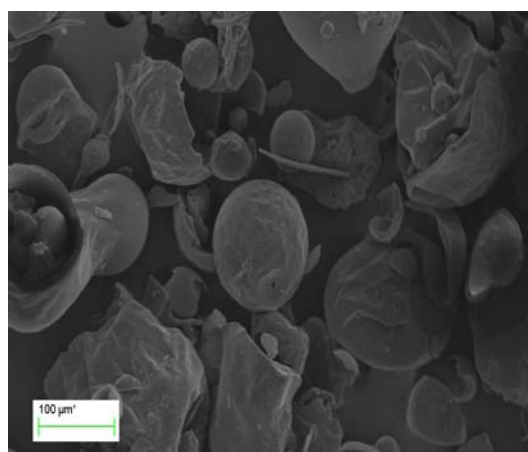
(d).

Figura 5. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto *blend* energético.

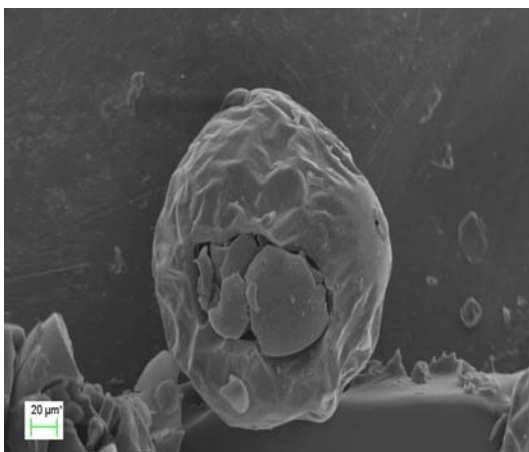
Blend energético protéico (Figura 6): presença de partículas estruturalmente esféricas e de partículas sem padrão geométrico definido (a, b); com diâmetros predominantemente maiores que 100 μm (b); as partículas esféricas apresentam-se ocas e com partículas irregulares no seu interior (c, d); a superfície das partículas é pouco irregular (c) e com pequena presença de partículas menores aderidas (c, d).



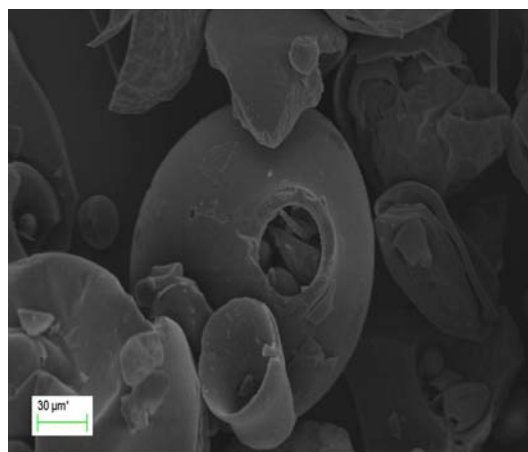
(a).



(b).



(c).



(d).

Figura 6. Eletromicrografias de varredura com escala real obtidas do produto *blend* energético protéico.

Conclusões

Os *blends* estudados, associados ou não a fontes protéicas de origem animal e vegetal, se mostraram viáveis na substituição do soro de leite e lactose em rações PI e I, sem afetar o desempenho de leitões desmamados dos 21 aos 50 dias de idade e os coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EB.

Referências

- ABURTO, L. D. **Microencapsulação de óleo essencial de laranja por atomização**. Campinas, SP, 1995. 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade de Campinas, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1995. 1141 p.
- BREMER NETO, H. **O método da s-difenilcarbazida na determinação espectrofotométrica do crômio (III) em fezes, após sua utilização como marcador biológico na forma de óxido de crômio (III)**: Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1999. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 1999.
- CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; REINHART, G. A. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 66, p. 1438-1445, 1988.
- CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; REINHART, G. A. Evaluation of various extracted vegetable oils, roasted soybeans, medium-chain triglyceride and an animal-vegetable fat blend for postweaning swine. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 68, n. 9, p. 2756-2765, 1990.
- GRINSTEAD, G. S.; GOOFBAND, R. D.; DRITZ, S. S. et al. Effects of a whey protein product and spray-dried animal plasma on growth performance of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Manhattan, v. 78, p. 647-657, 2000.
- HAUPTLI, L.; BERTO, D. A.; MORAES, K. M. C. M. T.; WECHSLER, S. F.; LUCCHESI, L. Níveis de maltodextrina para leitões desmamados aos 21 dias. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UFV, 1 CD-ROM, 2007.
- HAUPTLI, L. **Maltodextrina e óleos como fontes de energia para leitões**. 2009. 64 f. Tese (Doutorado em Zootecnia/Zootecnia)-Faculdade Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.
- HOWARD, K. A.; FORSYTH, D. M.; CLINE, T. R. The effect of an adaptation period to soybean oil additions in the diets of young pigs. **Journal of Animal Science**, Indiana, v. 68, n. 3, p. 678-683, 1990.
- JENSEN, M. S.; JENSEN, S. K.; JAKOBSEN, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. **Journal of Animal Science**, Denmark, v. 75, p. 437-445, 1997.

- JONES, D. B.; HANCOCK, J. D.; HARMON, D. L.; WALKER, C. E. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pig. **Journal of Animal Science**, Manhattan, v. 70, p. 3473-3482, 1992.
- KESSLER, A. M.; TREVIZAN, L.; RUBIN, L. L. et al. Uso de gordura revestida ou óleo de soja nas dietas de leitões: efeito da fonte e nível de gordura na digestibilidade das dietas pré-inicial e inicial. In: 3º Congresso Latino-Americano de Suinocultura, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campinas, PorkWorld, p. 551-554, 2006.
- MAHAN, D. C. Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 70, p. 2182-2187, 1992.
- MAKKINK, C. A.; BERNTSEN, P. J.; KAMP, B. M. et al. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein sources in newly weaned pigs. **Journal of Animal Science**, Columbus, v. 72, p. 2843-2850, 1994.
- MAVROMICHALIS, I. **Ways to replace lactose in diets for young pigs: a review.** 2002. Disponível em: <<http://www.feedinfo.com>>. Acesso em: 14 mar. 2009.
- MASCARENHAS, A. G.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L. et al. Avaliação de dietas fornecidas dos 14 aos 42 dias de idade sobre o desempenho e a composição de carcaça de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1319-1326, 1999.
- MORR, C. V.; FOEGEDING, E. A. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: A status report. **Food Technol**, p. 100-112, 1990.
- OWSLEY, W. F.; ORR, D. E.; TRIBBLE, L. F. Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in the young pig. **Journal of Animal Science**, Lubbock, v. 63, p. 497-504, 1986.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186 p.
- SAS SYSTEM FOR WINDOWS-SAS. (Release 9.1) SAS Inst., Inc. Cary, NC. 2002. CD-ROM
- SHAHIDI, F.; HAN, X. Q. Encapsulation of Food Ingredients. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33(6), p. 501-547, 1993.
- SILVA, A. M. R., BERTO, D. A., LIMA, G. J. M. M. et al. Valor nutricional e viabilidade econômica de rações suplementadas com maltodextrina e acidificante para leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 286- 295, 2008.

- SILVA, M. J. M. S.; FERREIRA, M. A.; MELO, A. A. S.; et al. Níveis de inclusão do resíduo do milho (mazoferm), em substituição ao farelo de soja para vacas em lactação. **Acta Science Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 51-57, 2008.
- TEIXEIRA, J.C. **Fisiologia digestiva dos animais ruminantes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 270p.
- XING, J. J.; VAN HEUGTEN, E.; LI, D. F.; et al. Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pig performance and age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion o digestibility. **Journal of Animal Science**, Raleigh, v. 82, p. 2601-2609, 2004.
- XU, R. J. Composition of porcine milk. In: XU, R. J.; CRANWELL, P. D. (Eds.). **The neonatal pig-gastointestinal physiology and nutrition**. Nottigham: Nottingham University Press, p. 213-244, 2003.

CAPÍTULO III

Implicações

Os *blends* estudados, associados ou não a fontes protéicas de origem animal e vegetal, se mostraram viáveis em substituir o soro de leite e a lactose em rações pré-iniciais e iniciais para leitões na fase de pós-desmame, contudo, para a consolidação desses resultados, seria muito importante dar continuidade a novos estudos com esse tipo de produto, especialmente em condições de maior desafio sanitário e com alta densidade animal, ou seja, tentando simular condições semelhantes ao que acontece em campo.

O *blend* energético mostrou-se viável para substituir os ingredientes energéticos das rações, independentemente da fonte protéica utilizada, além disso, apresenta a vantagem de ser um ingrediente sólido com alto teor de óleo, o que facilita a inclusão e mistura nas rações, dispensando a necessidade de trabalhar com ingrediente na forma líquida nas fábricas de rações.

O *blend* energético protéico apresentou algumas características indesejáveis do ponto de vista prático, como alta higroscopicidade e menor palatabilidade, considerando que os leitões que se alimentavam com rações contendo este produto apreendiam a ração, mas devolviam parte dela insalivada no comedouro, portanto, há a necessidade de se avaliar outras fontes protéicas na produção do *blend* energético protéico, bem como de considerar o perfil de aminoácidos dessas fontes.

O processo de microencapsulação de óleos com a maltodextrina apresenta-se vantajoso no que diz respeito a manipulação e armazenagem, uma vez que as microcapsulas formadas contendo óleo de milho, processadas em *spray dryer*, gera vantagens, pois o ingrediente líquido passa a ser apresentado na forma de pó, e conseqüentemente facilitando sua incorporação nas rações. Deve-se salientar que as microcapsulas formadas protegem os ingredientes da deterioração, aumentando o tempo de prateleira, facilitando assim sua armazenagem.

Entretanto, mais estudos no desenvolvimento de ingredientes utilizando a técnica de microencapsulação de proteínas e óleos processados em *spray dryer* devem ser avaliados nutricionalmente e economicamente na inclusão em dietas de leitões na fase de desmama.