

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**LEITÕES DE BAIXO PESO AO NASCIMENTO: ALTERNATIVAS PARA  
GARANTIR A SOBREVIVÊNCIA, IMUNIDADE E BOM DESEMPENHO NA  
FASE DE MATERNIDADE**

**LETÍCIA PINHEIRO MOREIRA**

**PORTO ALEGRE**

**2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**LEITÕES DE BAIXO PESO AO NASCIMENTO: ALTERNATIVAS PARA  
GARANTIR A SOBREVIVÊNCIA, IMUNIDADE E BOM DESEMPENHO NA  
FASE DE MATERNIDADE**

**Autor:** Letícia Pinheiro Moreira

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de mestre em Ciências Veterinárias na área de Reprodução de Suínos

**Orientador:** Fernando Bortolozzo

**PORTO ALEGRE**

**2015**

### CIP - Catalogação na Publicação

Pinheiro Moreira, Letícia

Leitões de baixo peso ao nascimento: alternativas para garantir a sobrevivência, imunidade e bom desempenho na fase de maternidade. / Letícia Pinheiro Moreira. -- 2015.

69 f.

Orientador: Fernando Pandolfo Bortolozzo.

Coorientadores: Mari Lourdes Bernardi, Ivo Wentz.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Reprodução animal: Suínos. 2. Colostrum. 3. Low birth weight . 4. Immunoglobulin G. 5. Preweaning mortality. I. Pandolfo Bortolozzo, Fernando, orient. II. Bernardi, Mari Lourdes, coorient. III. Wentz, Ivo, coorient. IV. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Letícia Pinheiro Moreira**

**Leitões de baixo peso ao nascimento: alternativas para garantir a sobrevivência, imunidade e bom desempenho na fase de maternidade.**

Aprovada em 06 MAR 2015.

APROVADO POR:

---

Prof. Dr. Fernando Pandolfo Bortolozzo  
Orientador e Presidente da Comissão

---

Profª. Dra. Ana Luisa Neves Alvarenga Dias  
Membro da Comissão

---

Dra. Ana Paula Gonçalves Mellagi  
Membro da Comissão

---

Profª. Dra. Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida  
Membro da Comissão

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, saúde, proteção e por guiar meus passos colocando boas oportunidades e pessoas especiais na minha vida. Aos meus pais e irmão, Geraldo, Denize e Ricardo por serem a minha base e inspiração. Pelo amor e apoio incondicional, nenhum sonho seria possível sem vocês do meu lado! Aos meus avós pelos momentos de saudade, compreensão e carinho. À toda minha família, agradeço especialmente aos que vieram me visitar e amenizar um pouquinho a saudade. Obrigada pela força, orações, incentivo, torcida, vocês são insubstituíveis!

Ao Prof. Fernando P. Bortolozzo, pela confiança e amizade. Agradeço pela excelente orientação, inúmeros ensinamentos, disponibilidade, oportunidade e conselhos. Pelo exemplo profissional e de liderança. Por ser um “Professor Inspirador”, aquele que apoia, estimula e incentiva os seus alunos.

À Profa. Mari L. Bernardi, pela paciência, confiança, exemplo profissional e pelo auxílio durante as análises estatísticas.

Aos Professores Ivo Wentz e David Barcellos, pelo exemplo e experiências profissionais compartilhadas.

Ao Prof. José Monteiro Filho, que deu o grande empurrão para essa conquista, pela orientação profissional, por ser um dos melhores professores que eu já tive!

À Profa. Fernanda R. L. C. Almeida, por me proporcionar grandes oportunidades, pelo exemplo profissional e de humildade. Agradeço pela atenção e carinho sempre. Pelos conselhos e ajuda durante toda minha formação, em especial para a escolha da minha área de atuação.

À Profa. Ana Luisa N. A. Dias, pelo exemplo pessoal e profissional. Obrigada pela amizade sincera, paciência, orientação desde o início da graduação, por todos os ensinamentos e incentivo. A sua família, Alexandre e Pedro César, pelo carinho e acolhida.

Ao Prof. Itabajara Vaz Jr, por ceder o laboratório e equipamentos para realização dos ensaios de ELISA. À Mariana Coutinho e demais colegas do CBiot, pela paciência e atenção.

Ao Prof. Sérgio Vieira, pela confiança e por ceder o laboratório e os equipamentos. A Catarina Stefanello pela confiança e ajuda durante o processo de liofilização.

À Profa. Andréa Troller Pinto, por ceder o laboratório e equipamentos para realização de análises do colostro. Muito obrigada pela atenção e carinho.

À Profa. Maitê de Moraes Vieira por ceder o laboratório e equipamentos para realização de análises do colostro. À toda equipe do LNA, pelo carinho, atenção e paciência, agradeço especialmente à Aline.

Aos funcionários da FAVET - UFRGS, especialmente a Karen pelo carinho todas as manhãs.

Ao Setor de Suínos, por oferecer ótimas condições de trabalho e a todos os seus membros desde Novembro de 2012. Aos colegas da Pós Graduação e Estagiários do Setor de Suínos pela amizade e por me ensinarem a trabalhar em equipe. Agradeço especialmente o Giuliano pela participação e ajuda durante o experimento.

Aos colegas do exterior que tanto me ajudaram com artigos e livros. A todos os amigos que fiz em POA, os mineiros e os gaúchos, especialmente o Jonas, Júlia e Fabi. A Isabela Sabino, pelos momentos de acolhida em Videira. A todos meus amigos que mesmo de longe, sempre estavam presentes, especialmente a Paulinha e Déia, pela paciência e carinho.

À grande amiga, Mariana Menegat, por todo carinho, amizade, ajuda, confiança, companhia, por estar ao meu lado sempre (literalmente).

Aos colegas Veterinários, Ricardo Lipke, Fábio Vannuci e Márcio Gonçalves pelos ensinamentos e esclarecimentos de dúvidas.

Ao Dr. Rafael Kummer pela confiança, oportunidade e exemplo profissional. A sua família, Aline e Alexia pelos momentos de carinho e amizade durante o período em Videira.

À Master Agropecuária pela confiança e oportunidade, foi indispensável para execução do experimento. À todos os seus funcionários, especialmente da granja São Roque I, que acompanharam o experimento, pelo carinho, atenção e amizade.

À Agrocere PIC pelo apoio financeiro durante o período experimental.

À CAPES por conceder a bolsa de mestrado e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

## RESUMO

### LEITÕES DE BAIXO PESO AO NASCIMENTO: ALTERNATIVAS PARA GARANTIR A SOBREVIVÊNCIA, IMUNIDADE E BOM DESEMPENHO NA FASE DE MATERNIDADE

Autor: Letícia Pinheiro Moreira

Orientador: Prof. Fernando Pandolfo Bortolozzo

Coorientador: Profa. Mari Lourdes Bernardi

Prof. Ivo Wentz

O objetivo desse trabalho foi avaliar a concentração de imunoglobulina G (IgG), a sobrevivência e o ganho de peso de leitões com baixo peso ao nascimento durante a lactação, de acordo com a quantidade de colostro ingerida com ou sem um suplemento proteico-energético (SPE). Leitões com peso ao nascimento variando de 800 a 1200 g (média de  $1025,2 \pm 8,15$  g) foram submetidos, nas primeiras 24 h, a diferentes tratamentos: CM (n=30) e CMS (n=30) compostos por leitões que ficaram com suas mães biológicas em baias convencionais, sem e com SPE, respectivamente; D120 (n=30) e D120S (n=30) compostos por leitões que receberam 120 mL (30 mL a cada 6 horas) de colostro por sonda orogástrica em um deck de alimentação, sem e com SPE, respectivamente; D200 (n=29) e D200S (n=27) formados por leitões que receberam 200 mL (50 mL a cada 6 horas) de colostro por sonda orogástrica em um deck de alimentação, sem e com SPE, respectivamente. Os leitões dos tratamentos CMS, D120S e D200S receberam 4 mL do SPE nas primeiras 24 horas. Os leitões foram selecionados de fêmeas de ordem de parto (OP) 2 a 7 (média de  $3,9 \pm 0,11$ ), e o intervalo médio entre o nascimento e a ingestão ou fornecimento de colostro foi  $100,3 \pm 3,6$  minutos. Os leitões dos tratamentos D120, D120S, D200 e D200S foram alimentados com colostro procedente de um pool de colostro. Os leitões foram colocados para mamar em mães adotivas de ordem de parto (OP) 2 a 5 (média de  $3,0 \pm 0,08$ ), em leitegadas contendo dois leitões de cada tratamento, perfazendo um total de 12 leitões. Os leitões foram pesados individualmente ao nascimento, 24h após e, também, aos 7, 14 e 20 dias de vida. A duração média da lactação foi de  $20,4 \pm 0,06$  dias. A concentração de IgG no soro dos leitões D200 e D200S foi superior à dos leitões CM, D120 e D120S ( $P < 0,05$ ), enquanto que os leitões CMS e D200 tiveram concentração de IgG similar ( $P > 0,05$ ). O maior ganho de peso nas primeiras 24 h foi observado no tratamento CMS, ao passo que os tratamentos D120 e D120S tiveram perda de peso neste período ( $P < 0,05$ ). O ganho de peso diário durante o período de lactação e o peso aos 7, 14 e 20 dias foram semelhantes entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Os leitões D120 apresentaram maior taxa de mortalidade durante a lactação do que os leitões CMS, D120S, D200 e D200S ( $P < 0,05$ ). O fornecimento de 200 mL de colostro ou de suplemento proteico-energético são alternativas que garantem maior concentração de IgG sérica, ganho de peso nas primeiras 24 h de vida e maior sobrevivência.

**Palavras-chave:** suínos, colostro, imunoglobulina G, suplemento proteico-energético, mortalidade pré-desmame.

## ABSTRACT

### *LOW BIRTH WEIGHT PIGLETS: STRATEGIES TO ENSURE THE SURVIVAL, IMMUNITY AND BETTER PERFORMANCE IN SUCKLING PIGLETS*

Author: Letícia Pinheiro Moreira

Advisor: Prof. Fernando Pandolfo Bortolozzo

Co-advisors: Profa. Mari Lourdes Bernardi

Prof. Ivo Wentz

The aim of this study was to evaluate the concentration of immunoglobulin G (IgG), survival and weight gain of low birth weight piglets according to the amount of colostrum intake and the supplementation of an oral protein and energy supplement (OPES). Piglets with an average birth weight of 800 to 1200 g (average of  $1025.2 \pm 8.15$  g) were submitted during the first 24 h to one different treatments: WS (n=30) and WSS (n=30) consisted of piglets suckling in their mothers in conventional farrowing crates, with or without OPES, respectively; D120 (n=30) and D120S (n=30) consisted of piglets fed 120 mL (30 mL every 6 hours) of colostrum by orogastric tube in a feeding deck, with or without OPES, respectively; D200 (n=29) and D200S (n=27) consisted of piglets fed 200 mL (50 mL every 6 hours) of colostrum by orogastric tube in a feeding deck, with or without OPES, respectively. The piglets on WSS, D120S and D200S received 4 mL of OPES on the first 24 hours after birth. Piglets were selected from sows of parity  $3.9 \pm 0.11$  (range of 2 to 7), and the average time lapse between birth and first colostrum intake or gavage was  $100.3 \pm 3.6$  minutes. Piglets of treatments D120, D120S, D200 and D200S received colostrum from a colostrum pool. All animals were individually weighed at birth and after the first 24 h of life. They were cross-fostered for suckling in foster mothers parity order (OP) range of 2 to 5 (average OP  $3.0 \pm 0.08$ ), and each litter remained with 12 piglets, two of each treatment. Piglets were weighed again at 7, 14 and 20 days of life, and lactation length was of  $20.4 \pm 0.06$  days. Serum concentration of IgG in the piglets was greater in D200 and D200S than in WS, D120 and D120S treatments ( $P < 0.05$ ), whereas WS and D200 piglets had similar ( $P > 0.05$ ) IgG concentration. The greatest weight gain during the first 24 h was observed in WS piglets, whereas D120 and D120S piglets lost weight ( $P < 0.05$ ). The average daily gain during lactation, as well as body weight at 7, 14 and 20 days were similar ( $P > 0.05$ ) among treatments. Piglets from the D120 treatment showed higher mortality rate during lactation than WS, D120S, D200 and D200S piglets ( $P < 0.05$ ). Hence, the supply of 200 mL of colostrum or an energy and protein supplement are options which assure greater IgG concentration, weight gain in the first 24 h of life, and higher survival.

**Key-words:** swine, colostrum, immunoglobulin G, energy-protein supplement, preweaning mortality.



## **LISTA DE TABELAS**

Tabelas inseridas na Revisão Bibliográfica

Tabela 1. Apresentação dos componentes do colostro em diferentes momentos de coleta por diversos autores. 23

Tabelas inseridas no Artigo Científico

Tabela 1. Efeito dos tratamentos sobre a concentração de IgG sérica, ganho de peso diário (GPD) e peso dos leitões (Médias  $\pm$  Erro padrão da média). 42

## **LISTA DE FIGURAS**

Figuras inseridas na Revisão Bibliográfica

Figura 1. Enterócito de leitão recém-nascido duas horas após a primeira sucção. 26

Figuras inseridas no Artigo Científico

Figura 1. Curva de sobrevivência dos leitões ao longo da lactação. 43

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
<b>2.1 Peso ao nascimento</b> .....	11
<b>2.2 Assistência ao parto e cuidados com o leitão</b> .....	13
<b>2.3 Mortalidade pré-desmame</b> .....	14
<b>2.4 Importância do colostro</b> .....	15
2.4.1 Produção do colostro.....	16
2.4.2 Composição do colostro.....	19
2.4.3 Desenvolvimento do trato gastrointestinal do leitão.....	24
2.4.4 Imunidade passiva e fechamento intestinal.....	24
2.4.5 Imunoglobulina G .....	27
<b>2.5 Desempenho e ganho de peso na fase de maternidade</b> .....	28
<b>2.6 Suplementação do leitão na fase pré-desmame</b> .....	29
<b>2.7 Uniformização de leitegadas</b> .....	30
<b>3. ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	32
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	49
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	50

## 1. INTRODUÇÃO

Com o intenso melhoramento genético e o surgimento de linhagens hiperprolíferas, foi observado um aumento no número de leitões nascidos por fêmeas. Entretanto o melhoramento genético não foi acompanhado para características como a eficiência placentária e capacidade uterina. Assim, o desenvolvimento fetal é comprometido, o que acarreta na diminuição do peso ao nascer dos leitões e uma grande variabilidade no tamanho da leitegada, afetando o desempenho destes animais na fase de lactação (BEAULIEU et al., 2010; BAXTER et al., 2013; RUTHERFORD et al., 2013).

A evolução da produção nos últimos sete anos nas granjas brasileiras participantes do concurso “Melhores da Suinocultura” mostra que em 2014, com os dados de 709 mil matrizes produtivas, houve um incremento de 1,67 leitão desmamado por fêmea por ano e 0,86 nascidos vivos em média (AGRINESS, 2014). Diante dessas informações ações de manejo tornam-se necessárias para garantir condições para a expressão do potencial genético dos animais.

No mesmo banco de dados verificou-se que a taxa de mortalidade na maternidade foi de 8,12% na edição de 2014, porém entre as 10 melhores granjas brasileiras a taxa foi de 5,24%, sendo que essa diferença de 2,88% representa 1,2 milhão de leitões a mais produzidos no cenário nacional. A maioria das mortes ocorre nos primeiros três dias após o parto (ROOTWELT et al., 2013) e grande parte dessa mortalidade pode ser explicada pelo insuficiente fornecimento de energia (QUESNEL et al., 2012; THEIL et al., 2014). O desempenho e a viabilidade dos leitões na fase lactacional é dependente de vários fatores como: peso ao nascimento, atendimento ao parto, consumo de colostro, qualidade do colostro, produção de leite da fêmea, habilidade materna e cuidados nos primeiros dias de vida. Nesse sentido, a vitalidade e a imunidade desses leitões também deve ser levada em consideração.

A fim de maximizar o crescimento dos leitões de baixo peso, e reduzir a variabilidade, é necessário que haja mais pesquisas relacionadas ao período neonatal (PLUSKE et al., 2005; DOUGLAS et al., 2013). O impacto da ocorrência dos leitões de baixo peso ao nascimento sobre as fases produção são de grande importância econômica para produtores de suínos. Dessa forma pretendeu-se investigar a quantidade de colostro ideal que deve ser ingerida pelos leitões de baixo peso ao nascimento para garantir a sua sobrevivência e favorecer o desempenho. O objetivo desse trabalho foi avaliar a concentração de imunoglobulina G (IgG), a sobrevivência e o ganho de peso de leitões

de baixo peso ao nascimento, de acordo com a quantidade de colostro ingerida com ou sem um suplemento proteico-energético nas primeiras 24 horas de vida.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Peso ao nascimento

O aumento da prolificidade é visto como uma evolução positiva, porém o aumento do número de leitões por leitegada gera efeitos negativos associados à fase de lactação, sendo os mais importantes: a redução do peso do leitão ao nascimento e, por consequência, o aumento da mortalidade neonatal (BEAULIEU et al., 2010; DOUGLAS et al., 2013).

O grande número de leitões por leitegada está associado à redução do peso médio ao nascimento e, conseqüentemente, ao aumento na proporção de leitões de baixo peso ao nascer (QUESNEL et al., 2008; QUINIOU et al., 2002). São considerados leitões com baixo peso ao nascimento aqueles que pesam de 0,8 a 1 kg (MORISE et al., 2008), entretanto Douglas et al. (2014) consideram baixo peso ao nascimento leitões com peso igual ou menor do que 1,25 kg.

O peso ao nascer é considerado um indicador crítico do desempenho pós-natal, pois leitões nascidos com baixo peso muitas vezes permanecem com desenvolvimento retardado ao longo de sua vida (GONDRET et al., 2005; REHFELDT et al., 2008; FIX et al., 2010). Esse fenômeno é denominado crescimento intrauterino retardado (CIUR). O CIUR é definido como prejuízo no crescimento e desenvolvimento do embrião/feto de mamíferos ou de seus órgãos durante a gestação (FLECKNELL et al., 1981). O CIUR pode ser medido como peso fetal ou peso ao nascimento inferior a dois desvios-padrão da média de peso corporal para a idade gestacional (WU et al., 2008). Os suínos são a espécie de animais domésticos em que o CIUR ocorre mais severamente (WU et al., 2006), os mecanismos que desencadeiam o CIUR em alguns fetos dentro das leitegadas ainda não estão completamente elucidados. Sabe-se que a placenta apresenta um papel fundamental para o desenvolvimento fetal (VALLET et al., 2009), medidas que promovam o crescimento placentário e aumento do fluxo sanguíneo útero-placentário visando prevenir problemas no desenvolvimento fetal se fazem necessárias (DALLANORA, 2014).

O CIUR promove uma redistribuição do fluxo sanguíneo, de forma a proteger o cérebro, o que é conhecido como “*brain sparing effect*” e resulta em prejuízo ao

desenvolvimento dos demais órgãos (HARDING et al., 2006; FOXCROFT et al., 2009). Os leitões acometidos com CIUR apresentam alterações do trato digestivo, relacionadas à secreção de enzimas, capacidade de absorção e peso dos órgãos (XU et al., 1994). As alterações continuam sendo observadas ao longo da vida do animal e resultam do fenômeno definido como programação fetal (FOXCROFT et al., 2006).

O peso médio individual foi reduzido entre 25 e 35 g para cada leitão nascido total a mais e o percentual de nascidos abaixo de 1 kg de peso vivo aumentou de 7,0 para 23,0%, em leitegadas acima de 16 leitões (QUINIOU et al., 2002). O desempenho lactacional e pós-desmame dos leitões de baixo peso ao nascimento será inferior ao desempenho dos leitões de alto peso ao nascimento (REHFELDT & KUHN, 2006; SCHINCKEL et al., 2007; BEAULIEU et al., 2010; ALVARENGA et al., 2013). O desempenho inferior dos leitões de baixo peso está relacionado ao menor nível de reserva energética corporal, maior sensibilidade ao frio e ao maior tempo que levam para realizar a primeira mamada, sendo prejudicados na disputa pelas melhores tetas. Com isso, os leitões de baixo peso representam a categoria com as menores chances de sobrevivência (LAY et al., 2008).

Entretanto, os resultados de Douglas et al. (2013) demonstraram que leitões com baixo peso ao nascer podem compensar o desempenho durante o período pós-natal. Neste trabalho os autores dividiram os animais em oito categorias de peso ao nascimento e acompanharam seu desempenho até o abate. Aproximadamente 50% dos leitões classificados nas categorias de baixo peso ao nascimento foram capazes de ascender em pelo menos uma categoria de peso durante o período analisado. Estes resultados mostraram que um grau de crescimento compensatório ocorre nos leitões de baixo peso ao nascer. Douglas et al. (2013) relataram que intervenções nas fases iniciais de produção possam ser usadas como estratégias para maximizar o crescimento pós-natal de leitões de baixo peso ao nascimento.

A mortalidade das categorias de baixo peso ao nascer é alta quando comparada aos leitões com peso superior a 1,0 kg. No trabalho de Furtado et al. (2012), observou-se o impacto do peso ao nascimento sob a mortalidade pré desmame sendo que na categoria de nascidos abaixo de 0,9 kg a mortalidade foi de aproximadamente 30%, enquanto a categoria de 1,2 a 1,5 kg a mortalidade foi de 3,4%.

## 2.2 Assistência ao parto e cuidados com o leitão

O parto e o período neonatal são momentos determinantes na vida dos leitões. A assistência ao parto interfere diretamente na vitalidade do leitão, como em casos de distocia, ou obstrução da passagem do leitão pelo canal do parto (KIRKDEN et al., 2013). Fêmeas com partos distócicos têm uma alta natimortalidade que aumenta com o aumento da duração do parto (JACKSON, 1975; MUIRHEAD & ALEXANDER, 1997; MELLAGI et al., 2010). Recomenda-se monitorar o parto e intervir se o intervalo entre os nascimentos exceder 30 a 60 minutos (LAWLOR & LYNCH, 2005; COWART et al., 2007; FANGMAN & AMASS, 2007) ou, se a fêmea ainda não expulsar mais nenhum dos leitões e demonstrar agitação, estresse e exaustão (KIRKDEN et al., 2013).

Os principais cuidados a serem realizados com os leitões são: desobstrução das vias aéreas e cavidade oral, secar e reanimar os leitões, cortar o cordão umbilical, orientar a primeira mamada, assegurar uma fonte de calor e atenção com fêmeas agressivas para evitar esmagamentos (CURTIS, 1970; ANDERSEN et al., 2009).

Os fatos a serem considerados mais importantes para os leitões imediatamente após o nascimento estão relacionados à termorregulação e imunidade, exigindo cuidados especiais com os recém-nascidos (GAVA et al., 2010). No período neonatal, os leitões são muito vulneráveis, uma vez que possuem reservas limitadas de energia, o que torna difícil a manutenção da temperatura corporal e assim o acesso adequado ao colostro. A reserva total de glicogênio corporal em recém-nascidos gira em torno de 30 a 38 g / kg de peso corpóreo, a qual se encontra no fígado, músculo esquelético e tecido adiposo (PETTIGREW, 1981). Esta reserva cai bruscamente algumas horas após o nascimento, de forma acentuada no fígado, sendo aproximadamente 70% no primeiro dia de vida (HERPIN et al., 2002; LE DIVIDICH et al., 2005a). Assim a musculatura esquelética torna-se a principal fonte de energia em longo prazo para a manutenção da homeotermia. Dessa forma, o aquecimento do leitão é essencial, para que o mesmo não perca calor para o ambiente e mobilize suas reservas corporais (HERPIN et al., 2002; DEWEY et al., 2008). O inadequado aquecimento e ingestão de colostro estão associados à morte de leitões por hipotermia e inanição, bem como a insuficiente transferência de imunoglobulinas maternas (DREW & OWENS, 1988; LE DIVIDICH et al., 2005a).

### 2.3 Mortalidade pré-desmame

A mortalidade dos leitões no período pré-desmame é um grande problema na suinocultura industrial, representada pelo valor econômico e questões relacionadas ao bem-estar animal. No Brasil, a taxa de mortalidade pré-desmame média foi de 8,12% no último ano (AGRINESS, 2014). A sobrevivência do leitão nesse período está relacionada a uma complexa dinâmica entre características da fêmea, do leitão e do ambiente. Os principais fatores que contribuem para a taxa de mortalidade pré-desmame são o genótipo, a nutrição, a ambiência e o manejo (KIRKDEN et al., 2013).

A mortalidade pré-desmame pode ser classificada em causas infecciosas ou não infecciosas. Podem ser consideradas como causas não infecciosas: a ocorrência de natimortos, hipotermia, desnutrição, esmagamento, agressão por parte da fêmea, os fatores de manejo são relevantes (KIRKDEN et al., 2013). Várias medidas devem ser tomadas para reduzir a mortalidade, tais como a implementação de gaiola de parto, utilizada em parte para reduzir o esmagamento e limitar os movimentos da porca (BAXTER et al., 2008). O risco de esmagamento é também afetado pela a qualidade da instalação, do piso e presença de barras de proteção e pelo comportamento da fêmea (KIRKDEN et al., 2013).

A maioria das mortes ocorre durante o parto ou nos primeiros dias de vida dos leitões, o que foi comprovado no trabalho de Furtado et al. (2012), onde 79% da mortalidade ocorreu na primeira semana de vida. Entretanto o período periparto é um momento importante para intervenções de manejo que visem reduzir a mortalidade pré-desmame (KIRKDEN et al., 2013).

A chance de sobrevivência é reduzida em leitões de baixo peso ao nascer, pois os leitões têm menor habilidade de termorregulação e demoram mais tempo para consumir colostro (BAXTER et al., 2008). A inadequada ingestão de colostro pode influenciar diretamente a mortalidade por desnutrição, hipotermia e também resultar em inadequada transferência de imunoglobulinas maternas para os recém-nascidos aumentando assim a susceptibilidade a infecções em todo o período de lactação. A mortalidade por fome ou desidratação pode ocorrer porque a porca não produz colostro suficiente ou porque os leitões individualmente não consomem quantidade suficiente (HUGHES, 1992).

A temperatura ambiente da sala da maternidade é abaixo da zona de conforto térmico dos leitões recém-nascidos (HERPIN et al., 2002), assim eles começam a usar suas reservas de energia para manter a temperatura corporal (ELLIOT & LODGE,

1977), e é essencial que eles obtenham colostro imediatamente para evitar a hipotermia ou fome (LE DIVIDICH & NOBLET, 1981; HERPIN et al., 1994).

A mortalidade pré-desmame também é influenciada por fatores sanitários que estão diretamente relacionados à ocorrência de causas infecciosas (KIRKDEN et al., 2013). Entre as causas infecciosas, as diarreias são as mais comuns, representando entre 15% a 30% das mortes no período lactacional (VRBANAC et al., 1995; RODRÍGUEZ-BUENFIL et al., 1996; ABRAHÃO et al., 2004). Algumas doenças como artrite, defeitos congênitos, splayleg, anemia e pneumonia são causas menos comuns de mortalidade (FANGMAN et al., 1996; ABRAHÃO et al., 2004). O estado sanitário das fêmeas no rebanho também pode influenciar a ocorrência da doença no leitão, assim como o vazio sanitário, limpeza e desinfecção da maternidade. (FANGMAN et al., 1996; LAY et al., 2002; KIRKDEN et al., 2013).

Em resumo, a mortalidade pré-desmame é influenciada principalmente pelo peso ao nascimento, tamanho de leitegada, duração do parto, distocia, ordem de nascimento, ambiente da maternidade, estado nutricional e condição sanitária da fêmea e dos leitões, comportamento dos leitões e genética (LAY et al., 2002). Sendo assim, identificar estratégias que possam amenizar esse entrave da suinocultura moderna é essencial.

#### **2.4 Importância do colostro**

Após o parto e durante o período de amamentação, a porca proporciona a principal fonte de nutrientes para os leitões lactentes, portanto, é extremamente importante entender sobre a qualidade e quantidade dessa fonte para garantir a sobrevivência e melhorar o desempenho dos leitões nesse período.

Imediatamente após o nascimento, os leitões recém-nascidos dependem da oxidação do glicogênio oriundo de depósitos do fígado e músculos, além da oxidação de nutrientes a partir de colostro administrado como fontes de energia (THEIL, 2015). Os leitões consomem aproximadamente 5-7% do seu peso corporal em colostro na primeira hora de amamentação, mas há uma grande variabilidade individual (FRASER & RUSHEN, 1992).

O colostro é uma substância muito digestível e tanto o nitrogênio quanto a energia, são retidos pelo organismo de forma eficaz (LE DIVIDICH et al., 2005a). Leitões recém-nascidos que foram privados de colostro por 19-22 horas mostraram uma diminuição da capacidade de absorção intestinal (SVENDSEN et al., 1986), enfatizando



a importância de uma oferta inicial, contínua e suficiente de colostro a estes leitões (SVENDSEN et al., 2005).

O consumo de colostro aumenta de 26-37 g, cada 100 g a mais de peso ao nascimento (LE DIVIDICH et al., 2005a). Quando o fornecimento de colostro é ilimitado e disponível, o consumo pode chegar a cerca de 450 g / kg de peso de nascimento, porém o coeficiente de variação para essa característica pode variar de 15-110%. Isso indica que a capacidade de ingestão do leitão é muito alta no momento do nascimento, o que compensaria suas baixas reservas energéticas (LE DIVIDICH et al., 2005a).

#### 2.4.1 Produção do colostro

O colostro é a primeira secreção da glândula mamária, essa secreção começa nos momentos finais da gestação e é caracterizada por ter alta concentração de imunoglobulinas e baixas concentrações de lactose e lipídios se comparado ao leite (FARMER et al., 2006). Acredita-se que a maior parte da colostrogênese ocorra durante os últimos sete a 10 dias de gestação (THEIL et al., 2014; THEIL, 2015). O colostro é abundantemente secretado nas primeiras horas após o parto (AMDI et al., 2013), é a única fonte de nutrientes para leitões recém-nascidos, além de ser essencial para a sua sobrevivência e desenvolvimento.

Nos mamíferos existem duas etapas da produção de leite. A primeira fase é conhecida como lactogênese que é caracterizada pela produção de colostro. A segunda fase é denominada galactopoiese, uma vez que a secreção do leite ocorre, mas por estímulo de mamada ou ordenha ela se mantém (FARMER et al., 2006).

A lactogênese é geralmente subdividida em duas fases, a lactogênese I, a qual é iniciada no final da gestação, por volta do dia 105, e está ligada ao início da síntese de componentes específicos do leite, diferenciação estrutural e metabólica das glândulas mamárias. Já a fase da lactogênese II é caracterizada pelo início da secreção abundante de leite (BAZER et al., 2001; HARTMANN et al., 1997). Não se sabe o momento específico e a variável fisiológica mais adequada para descrever a mudança de lactogênese I para lactogênese II. No entanto, é geralmente aceito que a produção de colostro ocorre durante a lactogênese I (FARMER et al., 2006).

O primeiro componente do colostro conhecido, a  $\beta$ -lactoglobulina, foi detectado no plasma da fêmea, cerca de 80 dias de gestação (DODD et al., 1994), ao passo que  $\alpha$ -

lactalbumina (uma parte do complexo de enzima que catalisa a síntese de lactose) aumenta no plasma durante a última semana de gestação (THEIL, 2015).

Antes do parto, as junções de oclusão (*tight junctions*) entre as células epiteliais mamárias são desorganizados e tornam-se permeáveis, permitindo assim o intercâmbio entre o espaço extracelular e da luz dos alvéolos (MARTINET et al., 1999). As alterações na composição das secreções mamárias, do colostro ao leite podem ser atribuídas ao fechamento das junções de oclusão (*tight junctions*) entre as células epiteliais mamárias durante a lactogênese II (NGUYEN et al., 2001). Os mecanismos que controlam este fechamento não têm sido estudados em suínos e provavelmente estão relacionados a mudanças ultraestruturais na rede de junção de oclusão (*tight junctions*).

A produção de colostro varia bastante entre as fêmeas, gira em torno de 1,5 kg a 6,0 kg (DEVILLERS et al., 2007; FOISNET et al., 2010a; QUESNEL, 2011). O valor médio de produção de colostro é 3,32 kg (QUESNEL et al., 2011).

No início, a produção de colostro tem influência hormonal. Segundo DeHoff et al. (1986) as alterações hormonais que ocorrem no final da gestação, em torno do parto e os hormônios de origem materna e fetal são importantes na coordenação de uma lactação bem sucedida e abundante. O pico de prolactina pré-parto é essencial para o início de lactação em suínos (FARMER et al., 1998).

A combinação do aumento drástico com a retirada de progesterona em torno parto permite a indução da secreção intensa de leite. Existe uma relação negativa entre as concentrações de progesterona no sangue e concentrações de lactose no leite (WILLCOX et al., 1983; HOLMES et al., 1993).

Os glicocorticoides promovem o aumento do número de receptores de prolactina nas glândulas mamárias (DELOUIS et al., 1980; TUCKER, 1981). Apesar de não saber o papel exato do estradiol, a alta concentração deste hormônio no final da gestação é necessária para o início da lactação (TUCKER, 1981; WILLCOX et al., 1983). A ocitocina, que está presente em altos níveis antes e durante a expulsão dos leitões, estimula a contração das células mioepiteliais mamárias, promovendo a ejeção de colostro quase permanente durante o parto (SMITH et al., 1991).

Nas porcas, a produção de colostro pode ser mensurada através da ingestão de colostro pelos leitões. Entretanto, é importante ter em mente que a medida da produção de colostro é baseada no ganho de peso do leitão ao longo do período de 24 horas,

sendo então um reflexo da ingestão de nutrientes, mas não de imunoglobulinas (FARMER et al., 2006).

Le Dividich et al. (2005a) relataram que 65% da variação na produção de colostro é explicada por características da fêmea, mas não afirmam quais características da matriz realmente interferem na produção de colostro. Os fatores que podem influenciar a produção de colostro são genótipo, ordem de parto, idade e peso corporal das fêmeas bem como o comportamento na maternidade, o tamanho e peso da leitegada.

Com relação à ordem de parto, observa-se uma ligeira diferença entre primíparas e múltíparas, com uma produção maior em múltíparas, e de segundo parto, em comparação com porcas primíparas (DEVILLERS et al., 2005). Assim como, no trabalho de Ferrari et al. (2014), a produção de colostro foi menor ( $P = 0,0058$ ) em primíparas ( $3,0 \pm 0,13$  kg) do que em múltíparas ( $3,5 \pm 0,12$  kg) com o mesmo tamanho de leitegada e peso médio individual do leitão. Já no trabalho de Decaluwé et al. (2013), as fêmeas de OP 4 a 7 produziram em média 840 g de colostro a menos em comparação com fêmeas OP 1 a 3.

Em relação à ocorrência de parto prematuro (110-111 dias), há redução da produção de colostro em 40% (MILON et al., 1983; LE DIVIDICH et al., 2005a). A associação negativa entre a duração da gestação e a produção de colostro também foi encontrado por Devillers et al. (2007).

A influência do manejo sobre a produção de colostro é pouco estudada, mas é provável que a indução do parto, nutrição da porca, estímulo auditivo e temperatura ambiente possam estar envolvidos. Segundo Otto (2014) a indução ao parto não afeta a produção de colostro, a concentração de IgG no colostro e no soro dos leitões, a sobrevivência e o desempenho dos leitões até os 20 dias de idade.

Já a nutrição tem um papel importante na produção de colostro através do desenvolvimento da glândula mamária e mecanismos que controlam a secreção de colostro no final da gestação (QUESNEL et al., 2013; QUESNEL et al., 2015).

A produção de colostro é positivamente correlacionada com a média do peso ao nascer dos leitões e negativamente correlacionada com a variação do peso ao nascer dentro da leitegada (DEVILLERS et al., 2007; QUESNEL, 2011). Além disso, observou-se uma relação negativa entre a produção de colostro e a proporção de leitões natimortos na leitegada. Porcas com uma produção de colostro inferior 3 kg, tiveram mais leitões natimortos ao contrario de porcas com maior produção de colostro. As

fêmeas de menor produção de colostro ainda tendem a apresentar um intervalo entre nascimentos mais longo no início do parto (QUESNEL et al., 2012).

No trabalho de Machado (2014) foi evidenciado que o fator que mais influencia a produção de colostro é o peso total da leitegada viva, indiretamente representando o número de leitões amamentados pela porca.

#### 2.4.2 Composição do colostro

Durante o desenvolvimento fetal o leitão recebe da fêmea os nutrientes, fatores estimulantes do crescimento e de proteção. Ao nascimento, o leitão continua a depender da porca para a nutrição, através do colostro e leite. A lactação é uma continuação da contribuição materna para o crescimento e desenvolvimento do leitão. No entanto, o acelerado desenvolvimento do recém-nascido coincide com as rápidas mudanças na composição de secreções mamárias consumidas pelo leitão durante o aleitamento (HURLEY, 2015).

Os componentes do leite no estômago devem passar para o intestino e a maior parte deve ser digerida dentro de 45 minutos, em preparação para a próxima mamada (HURLEY, 2015). O estado fisiológico da glândula mamária é um dos principais determinantes na composição de secreções mamárias, mais nitidamente visto nas diferenças entre a composição do colostro (Tabela 1) e do leite. A coleta de secreções durante o parto pode ser realizada sem a administração de ocitocina para estimular ejeção do colostro. As concentrações de ocitocina endógena são elevadas de um modo pulsátil durante o parto (GILBERT et al., 1994). A administração de ocitocina se faz necessária ao coletar amostras a partir de seis horas após o nascimento do primeiro leitão (JACKSON et al., 1995).

Para determinar a composição bruta do leite os métodos mais utilizados são derivados de análises artificiais publicadas pela Associação dos Químicos Analíticos Oficiais (AOAC, 1995). Entre os componentes do colostro e do leite podemos citar proteínas, lipídios, carboidratos, minerais, vitaminas e algumas células. O conteúdo, a quantidade e as características destes componentes são afetados por uma variedade de fatores.

As secreções da porca durante as primeiras 24 horas após o parto são, geralmente, maiores em concentrações de imunoglobulinas, alguns microminerais, vitaminas, hormônios e fatores de crescimento, e menor em concentração de lactose, quando comparado com o leite (HURLEY, 2015). Com relação aos aspectos

imunológicos o colostro contém leucócitos e outras células imunologicamente ativas. Os leucócitos são absorvidos a partir do colostro (TUBOLY et al., 1988; WILLIAMS, 1993) e migram para os gânglios linfáticos mesentéricos e outros tecidos do leitão onde exercem um efeito imunomodulador (WILLIAMS, 1993; ROOKE & BLAND, 2002; HURLEY, 2015).

O colostro e leite contêm uma série de fatores antimicrobianos e fatores que podem agir no sistema imunológico como, a lactoferrina, enzima lactoperoxidase, lisozima e oligossacarídeos. O colostro também contém citocinas e fatores de crescimento que afetam o desenvolvimento intestinal neonatal, bem como as respostas imunitárias intestinais a doença em adultos (HURLEY & THEIL, 2011).

O colostro tem uma alta concentração de imunoglobulina G (IgG) e menor concentração de IgA e IgM (CURTIS & BOURNE, 1971; KLOBASA & BUTLER, 1987; KLOBASA et al., 1987). A concentração de IgG no colostro é bem variável entre fêmeas (KLOBASA & BUTLER, 1987; BLAND & ROOKE, 1998). Ordem de parto, estação do ano e genótipo são fatores que podem influenciar na concentração de IgG (INOUE et al., 1980; KLOBASA & BUTLER, 1987; ROOKE & BLAND, 2002).

O colostro contém uma variedade de fatores de crescimento, incluindo os fatores de crescimento semelhantes à insulina (IGF) I e II, a insulina (BURRIN et al., 1996), fator de crescimento epidérmico (EGF) (ODLE et al., 1996) e fator de crescimento transformante beta (TGF- $\beta$ ) (XU et al., 2000). Através destes fatores, o colostro desempenha um papel importante no desenvolvimento do trato gastrointestinal do leitão (XU et al., 2002). As concentrações dos fatores de crescimento no colostro caem rapidamente durante o primeiro dia de vida e, por conseguinte, quaisquer efeitos positivos dos fatores de crescimento podem ser diminuídos em leitões depois do nascimento.

A gravidade específica do colostro da porca ao parto é cerca de 1,06 g / mL, refletindo a elevada concentração de proteína total. No primeiro dia, a densidade declina e estabiliza em cerca de 1,035 g / mL durante a maior parte da lactação (HURLEY, 2015).

A água é um componente fundamental das secreções mamárias e age como meio para a mistura dos componentes durante a síntese e secreção de leite. Os sólidos totais ou teor de matéria seca de secreções mamárias são normalmente mensurados em vez do teor de água. As estimativas de sólidos totais incluem todos os componentes orgânicos e inorgânicos do leite ou colostro (HURLEY, 2015).

O principal carboidrato que compõe o leite da porca é a lactose que é o componente de menor variação no leite. A concentração de lactose aumenta gradualmente durante os primeiros dois ou três dias de lactação. Já a concentração de glicose nas secreções mamárias da fêmea é baixa, 18 a 135 µg / mL, se comparada à lactose 27 a 56 mg / mL. A concentração de galactose é maior no colostro e diminui até quinto dia de lactação (ATWOOD & HARTMANN, 1992). A concentração de oligossacarídeos também é mais alta no colostro e diminui durante a lactação (HURLEY, 2015).

O teor de gordura, ou lipídios é considerado como o mais variável componente das secreções mamárias. O percentual de gordura do colostro pode ser aumentado pela suplementação alimentar no final da gestação com ácido linoleico conjugado (KROGH et al., 2012). O teor de lipídios do colostro é significativamente afetado pela produção de colostro, sendo que fêmeas com baixa produtividade de colostro têm percentuais mais elevados de lipídios (FOISNET et al., 2010a).

As proteínas nas secreções mamárias são determinadas indiretamente pela quantificação de nitrogênio total na amostra, e multiplicação por um fator de ajuste ( $N\% \times 6,38$ ). Assim sendo, a proteína de leite é classificada como proteína total ou proteína bruta (PB), com base no teor de nitrogênio da amostra. As concentrações de proteína total nas secreções das fêmeas são mais elevadas próximo ao parto e diminuem mais de 50% em 24 horas. As alterações nas concentrações de proteína total refletem as alterações nas concentrações de imunoglobulina (HURLEY, 2015). A proteína total do soro de leite, como uma porcentagem do total de proteína no colostro da porca começa em 90% no momento do parto, quando as imunoglobulinas proporcionam a fração principal da proteína do soro de leite, e, em seguida, diminui para cerca de 70% em 24 horas pós-parto (CSAPO et al., 1996; KLOBASA et al., 1987).

Os principais aminoácidos livres no colostro são a histidina, que diminui em concentração durante a lactação, e a taurina, cuja concentração aumenta até oito dias de lactação e então se mantém constante (WU & KNABE, 1994; HURLEY, 2015). A arginina é marcadamente deficiente em colostro e leite (WU et al., 1999) e não se sabe se a síntese endógena é suficiente para satisfazer as necessidades de arginina do leitão recém-nascido (LE DIVIDICH et al., 2005a).

As concentrações de nucleotídeos são variáveis no colostro das porcas e durante toda a lactação (MATEO et al., 2004). Por exemplo, o *5'monophosphate uridine* é mais

alto no momento do parto e depois diminui no decorrer da lactação (ATWOOD et al., 1995; MATEO et al., 2004).

A energia bruta do colostro no parto é de aproximadamente 1,60 kcal / g e permanece elevada, pelo menos, até o 3º dia de lactação. O nível relativamente elevado da energia bruta estimada no colostro ao parto está associado, em parte, com a alta concentração de imunoglobulinas no colostro (HURLEY, 2015).

O teor de minerais do colostro no parto é de aproximadamente 0,68%. Esse percentual aumenta no segundo dia de lactação e continua a aumentar gradualmente até cerca de duas semanas e então se mantém em cerca de 0,90% (HURLEY, 2015). Em comparação com o leite, o colostro contém menos minerais, com concentração mais baixa dos elementos principais (Ca, P) e concentrações mais elevadas de oligoelementos (Zn, Fe) (LE DIVIDICH et al., 2005a).

As concentrações de prolactina no colostro são maiores apenas antes do parto, diminuindo rapidamente durante as primeiras 24 horas pós-parto (DEVILLERS et al., 2004a). As concentrações de relaxina são mais elevadas no colostro e, em seguida, diminuem ao longo da primeira semana de lactação (YAN et al., 2006). As concentrações de estradiol no colostro coletado imediatamente antes do parto são três a quatro vezes maiores do que no plasma (DEVILLERS et al., 2004a). As concentrações de insulina e neurotensina são mais elevadas no colostro durante o parto (HURLEY, 2015).

Tabela 1. Apresentação dos componentes do colostro em diferentes momentos de coleta por diversos autores.

Autores	Momento	Sólidos totais ou matéria seca (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Concentração de IgG (mg/mL)	Lactose (%)
Widdwson et al., 1985	Primeiras 24 h	-	17,8	4,4	-	3,5
Le Dividich et al., 1994	0h	23,4	13,1	5,1	-	3,4
Le Dividich et al., 1994	24h	22	9,1	6,8	-	3,6
Decaluwé et al., 2014	3h	37,2	25,2	8,9	92	3,1
Decaluwé et al., 2014	6h	35,5	21,9	9,9	85	3,6
Decaluwé et al., 2014	24h	31,2	11,6	14,2	18,3	5,4
Ariza-Nieto et al., 2011	Não especificado	-	15,26	5,58	56,81	-
Foisnet et al., 2011	0h	24,1	15,2	5,8	-	2,46
Foisnet et al., 2011	24h	17,2	5,4	-	-	3,76
Foisnet et al., 2010b	0h	27,8	16,8	6,9	≈ 75	2,63
Foisnet et al., 2010a	6h	-	-	-	≈ 58	-
Foisnet et al., 2010b	24h	21,5	6,9	9,1	≈ 15	3,68
Krogh et al., 2012	0h	26,4	16,8	5,2	-	3,3
Csapo et al., 1996	0h	24,03	16,23	5,38	-	-
Flummer & Theil, 2012	3h	25,7	14,3	5,75	-	3,15
Klobasa et al., 1987	0h	25,6	15,7	5	95,6	3,1
Klobasa et al., 1987	6h	22,7	13	4,8	64,8	3,4
Klobasa et al., 1987	24h	17,3	6,4	5,6	14,2	4,6
Le Dividich et al., 2005b	0h	23,5	14,1	5,6	66	3,2
Le Dividich et al., 2005b	12h	23	12,2	6,6	42,7	3,2
Quesnel et al., 2009	Dia 0	26,9	14,53	7,6	-	2,62
Amdi et al., 2013	Até 6h	-	-	-	≈ 111,5	-
Campbell et al., 2012	Pool	22,4	-	5,7	67,7	-



### 2.4.3 Desenvolvimento do trato gastrointestinal do leitão

O desenvolvimento do intestino em mamíferos pode ser dividido em cinco fases. A organogênese (1), diferenciação (2), crescimento e maturação (3) ocorrem durante a gestação, preparando o intestino para o nascimento, quando ele assume a responsabilidade de nutrir o recém-nascido. A quarta fase ocorre imediatamente após o nascimento, quando o intestino começa a processar o colostro e o leite. A quinta fase é o momento do desmame, quando há mudança do alimento, de leite para a dieta sólida, momento em que o intestino adquire características estruturais e funcionais de animal adulto (BUDDINGTON & MALO, 1996).

Antes do nascimento o intestino delgado funciona absorvendo água e substâncias dissolvidas a partir do líquido amniótico. Sendo a composição do colostro e leite bem diferente do líquido amniótico, contendo proteínas, gordura e lactose, há a necessidade de um processamento digestivo mais complexo. O bem-estar do leitão recém-nascido depende do trato gastrointestinal, se é capaz de digerir e de absorver os nutrientes resultantes dos produtos da digestão (WIDDOWSON, 1985).

O colostro provoca crescimento notável do trato gastrointestinal, especialmente do intestino delgado. A alimentação do leitão *ad libitum* com colostro durante as primeiras 36 h pós-natal induz um aumento de 80% no peso do intestino delgado (SCHOBER et al., 1990; LE DIVIDICH et al., 1997). Este rápido crescimento é em grande parte atribuída à endocitose de imunoglobulinas ingeridas, hiperplasia da mucosa e à síntese de proteínas (KELLY, 1994; BURRIN et al., 1996; XU, 1996). Portanto, o menor consumo de colostro e leite pode contribuir para a manutenção da imaturidade do trato digestivo de leitões que sofreram CIUR (MORISE et al., 2008).

A alimentação dos neonatos com fórmulas à base de proteína de leite, privados de imunoglobulinas e fatores de crescimento, reduz a renovação celular e provoca atrasos na maturação celular, assim, com o menor índice mitótico e o maior número e tamanho dos enterócitos imaturos (vacuolados) se comparado a leitões amamentados com colostro e leite até os sete dias de idade (BIERNAT et al., 2001; MORISE et al., 2008).

### 2.4.4 Imunidade passiva e fechamento intestinal

A placenta epiteliocorial dos suínos não permite a passagem de imunoglobulinas da mãe para os fetos. Então ao nascimento os leitões estão desprovidos de imunoglobulinas, tornando-se totalmente dependentes do colostro para a aquisição da

imunidade passiva (BOURNE et al., 1978; ROOKE et al., 2003). A transferência de macromoléculas intactas através do trato gastrointestinal ocorre por um curto período após o nascimento, contudo este é um momento importante e essencial para garantir a imunidade dos leitões (HURLEY & THEIL, 2011).

O leitão recém-nascido é, portanto, dependente de imunoglobulina G absorvida do colostro para a proteção imunológica humoral até que o seu sistema imunológico tenha maturidade suficiente para responder aos antígenos estranhos. Assim, as concentrações de IgG no soro de leitões logo após o nascimento são positivamente correlacionados com a sobrevivência e maior mortalidade de leitões com concentrações séricas de IgG mais baixos (ROOKE & BLAND, 2002; KLOBASA, et al., 1981; DREW & OWENS, 1988).

Existem três principais razões para a falha de transferência passiva através do colostro. A primeira é que a mãe pode produzir um colostro insuficiente ou de má qualidade, caracterizando uma falha de produção. A segunda é que pode existir uma produção suficiente de colostro, mas pode haver um consumo inadequado por parte do animal recém-nascido, ou seja, falha de ingestão. A terceira razão é que pode ocorrer uma falha na absorção intestinal, apesar do consumo adequado de colostro (TIZARD, 2009).

Logo após o nascimento, o nível de atividade proteolítica no trato digestivo é baixo e é posteriormente reduzido por inibidores da tripsina presentes no colostro (ROOKE & BLAND, 2002). Portanto, as proteínas colostrais não são degradadas e utilizadas como alimento, ao invés disso, atingem o intestino delgado intactas (TIZARD, 2009). O pico dos níveis de imunoglobulina no soro é normalmente alcançado entre 12 e 24 horas após o nascimento (TIZARD, 2009).

O período no qual o intestino é permeável à passagem de macromoléculas varia entre as espécies. A permeabilidade é maior imediatamente após o nascimento e começa a diminuir após 6 horas. Nos mamíferos, o transporte de macromoléculas pode ocorrer por duas vias. A primeira via ainda não está bem esclarecida nos leitões, mas seria a partir da transcitose mediada por receptores específicos, pela presença do receptor FcRn (STIRLING et al., 2005; TIZARD, 2009). A segunda, e mais aceita entre os pesquisadores, é através da transcitose inespecífica, através da membrana basolateral do enterócito ou do complexo endocítico apical, conhecido também como sistema canalicular apical (ACS) (BAINTNER, 2007; PÁCHA, 2000; Figura 1). Assim, foi estabelecido que a absorção de imunoglobulinas no leitão se dá por pinocitose não

específica nos enterócitos do intestino delgado do recém-nascido através de vacúolos (PAYNE & MARSH, 1962; CLARKE & HARDY, 1971). E então as macromoléculas são transportadas através da membrana basolateral do enterócito e liberadas na lâmina própria, em seguida, são absorvidos pela circulação linfática ou portal (ROOKE & BLAND, 2002; HURLEY & THEIL, 2011).

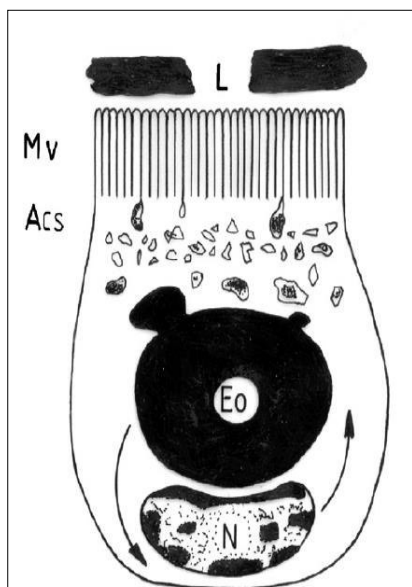


Figura 1. Enterócito de leite recém-nascido duas horas após a primeira sucção. (L) Lúmen; (Mv) Microvilosidades; Acs (Sistema canalicular apical). Proteínas do colostro são absorvidas a partir do lúmen do intestino por ACS e são passadas para a região supranuclear, formando um vacúolo (Eo) de transporte. Em seguida, ocorre a inversão do vacúolo com a posição do núcleo (N) (mostrado pelas setas), e o conteúdo do vacúolo é liberado no lado basolateral da célula. A transmissão de imunoglobulina parece proceder sem a participação de FcRn. Adaptado de Baintner, 2007.

A absorção de imunoglobulinas diminui em aproximadamente 24 horas após o nascimento. O momento em que cessa o transporte de macromoléculas e não há mais transferência de imunoglobulinas do trato intestinal para a circulação do leite é denominado “fechamento intestinal” (LE DIVIDICH et al., 2005a). A alimentação através do colostro tende a acelerar esse fechamento, enquanto o retardo da alimentação resulta em um atraso do fechamento para até 33 horas (TIZARD, 2009). Estudos com frações de colostro ou substâncias puras visando estabelecer o momento do fechamento intestinal foram realizados. Componentes como açúcares, glicose (LECCE, 1966) ou a lactose (WERHAHN et al., 1981) induziram o “fechamento intestinal” (ROOKE & BLAND, 2002). Estudos demonstraram que a alimentação artificial de leitões recém-nascidos com sucedâneos do leite sem componentes bioativos específicos, por exemplo, IGF-1 EGF, diminui da capacidade de absorção de macromoléculas (JENSEN et al., 2001; SANGILD, 2003).

Os hormônios podem também estar envolvidos no “fechamento intestinal”, como os glicocorticoides que têm efeito sobre a absorção de macromoléculas (ROOKE & BLAND, 2002). O cortisol tem um efeito estimulador sobre a maturação do intestino (SANGILD et al., 2000) e é mais provável que o efeito de aumento do cortisol sobre as

concentrações plasmáticas de IgG seja mediado pelo aumento da captação, ao invés de retardar o fechamento.

Evidências sugerem que a síntese de IgG pelo leitão está positivamente relacionada com a quantidade de IgG materna absorvida e, portanto, reforça a importância de uma ingestão adequada de IgG do colostro no primeiro dia de vida, antes do “fechamento intestinal” (ROOKE & BLAND, 2002). Leitões com concentração sérica de IgG às 24 horas inferior a 10 mg / mL e peso ao nascimento de 900 g tiveram menor taxa de sobrevivência ao serem comparados com os seus irmãos de leitegada (CABRERA, 2011). Além disso, leitões com concentração sérica de IgG de 10 mg / mL ou menos tiveram uma sobrevivência de 67%, considerando que, leitões com concentrações de IgG entre 22,5-25 mg / mL apresentaram uma sobrevivência de 91% (CABRERA et al., 2012). Sendo assim, a concentração de IgG e o peso ao nascer tiveram os maiores efeitos sobre a sobrevivência ao desmame (CABRERA, 2011).

#### 2.4.5 Imunoglobulina G

A IgG transferida através do colostro da mãe está associada ao seu histórico de exposição a antígenos, respostas de células B e mutação somática. Essa IgG materna representa experiências imunológicas da mãe. Os anticorpos maternos podem melhorar as respostas imunes do recém-nascido a alguns antígenos e suprimir sua resposta a outros (TIZARD, 2009). A absorção da IgG do colostro é necessária para proteção de um animal jovem contra uma doença septicêmica diferentemente da IgA, que tem ação de proteção contra uma doença entérica e está disponível em maiores quantidades no leite (TIZARD, 2009).

As imunoglobulinas são moléculas termolábeis. O tratamento térmico de colostro a 60°C durante uma a duas horas, não altera as concentrações mensuráveis de IgG ou viscosidade do colostro, nem a atividade do anticorpo (HURLEY & THEIL, 2011). Sabe-se também que o congelamento preserva as qualidades nutricionais e imunes do colostro (KLOBASA et al., 1998).

Os métodos mais utilizados para quantificar as imunoglobulinas são a imunodifusão radial (FRENYÓ et al., 1980; KLOBASA et al., 1987) ou ELISA (ensaio imunossorvente ligado à enzima) (FOISNET et al., 2010ab, 2011; QUESNEL et al., 2008; FERRARI et al., 2014). A imunodifusão radial é um método preciso, pois é tanto quantitativo como específico para IgG. No teste ELISA a intensidade de cor da reação

no filtro do teste é comparada com as preparações da imunoglobulina padrão, sendo também considerado um método de grande precisão (TIZARD, 2009).

## **2.5 Desempenho e ganho de peso na fase de maternidade**

O ganho de peso dos suínos durante a fase pré-desmame varia significativamente e são múltiplos os fatores que influenciam esta variável. Os leitões são dependentes do leite da porca e a concorrência entre os irmãos de leitegada pode ter um efeito importante na sobrevivência e crescimento durante a lactação (MILLIGAN et al., 2002). Este efeito afeta a maioria dos leitões pequenos, muitas vezes exacerbando a diferença no peso ao nascimento e ao desmame, deixando esses leitões desfavorecidos (DOUGLAS et al., 2014).

Fatores como a higiene em alguns procedimentos realizados com os leitões podem influenciar o ganho de peso durante a lactação. Manejos como o desgaste de dente, corte da cauda e castração afetaram o ganho de peso médio diário (GPD) apenas na primeira semana de vida (BROWN et al., 1996; WEARY & FRASER, 1999). A castração se realizada aos três dias de idade pode influenciar o GPD, contudo se ocorrer próximo aos 10 dias de idade pode não afetar o ganho de peso antes do desmame (KIELLY et al., 1999). Já a ocorrência de diarreia pode comprometer o GPD nesta fase (JOHANSEN et al., 2004).

A quantidade de leite produzida é o principal fator limitante do crescimento de suínos na fase pré-desmame (PLUSKE et al., 1995). Os componentes do leite são digeridos e utilizados de forma extremamente eficiente pelo leitão recém-nascido. O leitão geralmente ganha 180-240 g / dia entre o nascimento e desmame, com 3-4 semanas de idade (PLUSKE et al., 1995). Há várias razões que contribuem para a restrição da taxa de crescimento dos leitões e estratégias para reduzir esta diferença estão relacionadas ao fornecimento de suplementação, utilização de “*creep feeding*” e realização de desmame precoce medicado (PLUSKE et al., 1995). A suplementação de leitões com sucedâneos durante a lactação pode melhorar o peso ao desmame (AZAIN et al., 1996; KIM et al., 2001; WOLTER et al., 2002; ENGLISH & BILKEI, 2004; MORISE et al., 2011). No entanto cabe ressaltar que os benefícios para o crescimento até o abate são inconclusivos (DOUGLAS et al., 2014).

A taxa de crescimento individual de leitões diminuiu linearmente com o aumento do tamanho da leitegada e isso foi particularmente evidente ao final da lactação, onde o

GPD diminuiu, em média, de 309 g / dia para 199 g / dia, em resposta ao aumento do tamanho da leitegada de seis para 14 leitões (AULDIST et al.,1998).

O ganho de peso do leitão aumenta concomitantemente com a ingestão de colostro nas primeiras 24 horas após o nascimento e um ganho de peso de 50 g, em média, é alcançado por um leitão que ingeriu aproximadamente 250 g de colostro (DEVILLERS et al., 2004b; LE DIVIDICH et al., 2005b). No entanto, quando o consumo ficou abaixo de 140-150 g, a energia fornecida foi insuficiente para permitir o ganho de peso do leitão (DEVILLERS et al., 2004b; QUESNEL, 2011). Segundo Le Dividich et al. (2005a), a mortalidade se concentra nas primeiras 48 horas após o nascimento e estes leitões que morrem logo após o nascimento perderam peso durante as primeiras 24 horas de vida.

Com isso, a estimativa é que 200 g de colostro por leitão durante as primeiras 24 horas após o nascimento é a quantidade ideal para reduzir significativamente o risco de mortalidade antes do desmame, proporcionar imunidade passiva e permitir um adequado ganho de peso (QUESNEL et al., 2012; FERRARI et al., 2014).

## **2.6 Suplementação do leitão na fase pré-desmame**

Substitutos de colostro e preparações para recém-nascidos (sucedâneos) estão disponíveis no mercado e vem sendo utilizados devido ao aumento do tamanho da leitegada e incapacidade anatômica da fêmea amamentar. A maioria dos produtos contém energia suplementar (gordura e a lactose), imunoglobulinas (principalmente derivados de bovinos) e alguns fatores de crescimento (IGF-I) (DE VOS et al., 2014). No entanto, a eficácia destes suplementos ainda não é conhecida.

O sucedâneo do leite, "*milk replacer*", não aumenta a sobrevivência de leitões de baixo peso ao nascimento, porque a maioria das mortes ocorre nos primeiros 3 dias de vida. Durante este período, o consumo de leite voluntário da suplementação é mínimo (DE VOS et al., 2014).

Alguns autores suplementaram leitões recém-nascidos com triglicerídeos de cadeia média, porém não encontraram efeito positivo sobre a sobrevivência (BENEVENGA et al., 1989; LEPINE et al., 1989; LEE & CHIANG, 1994). Em contra partida, Casellas et al. (2005) demonstraram que a suplementação oral de leitões pequenos (< 1250 g) com 1,95 g de uma emulsão de triglicerídeos de cadeia longa e média a cada 24 horas durante os primeiros três dias de vida, reduziram seu risco de morte em 1,9 vezes, em comparação com a leitegada não suplementada.

Sabe-se que órgãos como o intestino delgado e músculo esquelético de leitões com CIUR sofrem de maior estresse oxidativo (WANG et al., 2008; WANG et al., 2010). Esses leitões de baixo peso ao nascer, também apresentaram menor capacidade antioxidante do plasma, reduzindo a capacidade e a atividade enzimática da glutathione peroxidase (MICHIELS et al., 2012). Sendo assim os antioxidantes poderiam ser incluídos nos substitutos do colostro e leite, assim como as substâncias bioativas, os fatores de crescimento e nucleotídeos presentes no colostro e leite (LONNERDAL, 2011).

Foi observado um efeito benéfico ao administrar IGF-1 (200-3500 µg / kg / dia) por via oral, pois estimula o crescimento e a maturação do intestino delgado (BURRIN et al., 1996; HOULE et al., 1997; MA & XU, 1997; PARK, et al., 1999). Sabe-se que a L-carnitina afeta enzimas chave envolvidas no metabolismo de proteínas e lipídios, a incorporação de diferentes quantidades na dieta da fêmea resultou em um aumento do peso ao nascer dos leitões (MUSSER et al., 1999; EDER et al., 2001; RAMANAU et al., 2008). Além disso, os leitões de porcas suplementadas com L-carnitina ganharam mais peso durante o período de amamentação se comparados aos demais lactentes (BIRKENFELD et al., 2006; DE VOS et al., 2014)

Até então a oferta de um substituto do colostro ou leite não foi eficaz na redução das taxas de sobrevivência neonatal ou na redução da variação de peso ao desmame e abate (AZAIN et al., 1996; WOLTER et al., 2002; DE VOS et al., 2014). Outra alternativa é o uso de “*creep feeding*” que podem ser oferecidas aos leitões durante a lactação, porém o consumo dessas dietas antes do desmame é altamente variável, de 24 a 690 g por leitão a partir do 11º dia até o desmame no dia 28, sendo considerado insignificante antes de quatro semanas de idade (LUCAS & LODGE, 1961; PLUSKE et al., 1995; BRUININX et al., 2002). Mas o principal propósito de suplementar com esse tipo de dieta é promover uma adaptação do trato gastrointestinal para alimentos sólidos e ingredientes à base de vegetais, através do desenvolvimento das enzimas necessárias para digerir as dietas de leitões desmamados.

## **2.7 Uniformização de leitegadas**

A uniformização de leitegadas compreende a transferência de leitões de leitegadas mais numerosas para menos numerosas ou a formação de leitegadas com leitões de peso similar ao nascimento. O objetivo da uniformização é proporcionar leitegadas de tamanho uniforme durante a lactação até a desmama, para reduzir a

mortalidade em leitegadas numerosas e lidar com os leitões excedentes, a fim de reduzir a mortalidade e melhorar a eficiência no manejo de leitões de baixa vitalidade (SVENDSEN et al., 2005). Assim, aumentam-se as chances de sobrevivência e melhora-se o ganho de peso dos leitões durante a lactação (BIERHALS et al., 2012; KIRKDEN et al., 2013). Os resultados de Douglas et al. (2014) sugeriram que o peso à desmama de leitões de baixo peso ao nascimento pode ser aumentado ao uniformizar estes leitões com leitões de peso semelhantes.

Mover os leitões entre leitegadas também tem suas limitações, como o aumento do custo com mão de obra e a chance de disseminação de doenças podem ser consideradas as mais importantes (BIERHALS, 2011). A uniformização deve ser realizada 24 a 36 horas após o parto, que consiste no período em que grande parte dos leitões ainda não definiu os tetos e ainda são capazes de absorver as imunoglobulinas e células imunoativas do colostro de sua mãe biológica e adotiva (BIERHALS et al., 2010). Após esse período a uniformização não é recomendada, pois os leitões começam a estabelecer a ordem de tetos e podem ocorrer brigas no momento da mamada, ocasionando redução do peso ao desmame (HEIN, 2010).



### **3. ARTIGO CIENTÍFICO**

ARTIGO A SER SUBMETIDO

## **Efeito da quantidade de colostro e de suplemento proteico-energético na sobrevivência e desempenho de leitões de baixo peso ao nascimento**

L.P. Moreira<sup>a</sup>, M.L. Bernardi<sup>b</sup>, I. Wentz<sup>a</sup>, F.P. Bortolozzo<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Setor de Suínos, Faculdade de Veterinária - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9090, Porto Alegre, Brasil

<sup>b</sup> Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre, Brasil

\*Autor para correspondência: [fpbortol@ufrgs.br](mailto:fpbortol@ufrgs.br)

### **RESUMO**

O objetivo desse trabalho foi avaliar a concentração de imunoglobulina G (IgG), a sobrevivência e o ganho de peso de leitões com baixo peso ao nascimento durante a lactação, de acordo com a quantidade de colostro ingerida com ou sem um suplemento proteico-energético (SPE). Leitões com peso ao nascimento variando de 800 a 1200g (média de  $1025,2 \pm 8,15$  g) foram submetidos, nas primeiras 24 h, a diferentes tratamentos: CM (n=30) e CMS (n=30) compostos por leitões que ficaram com suas mães biológicas em baias convencionais, sem e com SPE, respectivamente; D120 (n=30) e D120S (n=30) compostos por leitões que receberam 120 mL (30 mL a cada 6 horas) de colostro por sonda orogástrica em um deck de alimentação, sem e com SPE, respectivamente; D200 (n=29) e D200S (n=27) formados por leitões que receberam 200 mL (50 mL a cada 6 horas) de colostro por sonda orogástrica em um deck de alimentação, sem e com SPE, respectivamente. Os leitões dos tratamentos CMS, D120S e D200S receberam 4 mL do SPE nas primeiras 24 horas. Os leitões foram selecionados de fêmeas de ordem de parto (OP) 2 a 7 (média de  $3,9 \pm 0,11$ ), e o intervalo médio entre o nascimento e a ingestão ou fornecimento de colostro foi  $100,3 \pm 3,6$  minutos. Os leitões dos tratamentos D120, D120S, D200 e D200S foram alimentados com colostro

procedente de um pool de colostro. Os leitões foram colocados para mamar em mães adotivas de ordem de parto (OP) 2 a 5 (média de  $3,0 \pm 0,08$ ), em leitegadas contendo dois leitões de cada tratamento, perfazendo um total de 12 leitões. Os leitões foram pesados individualmente ao nascimento, 24h após e, também, aos 7, 14 e 20 dias de vida. A duração média da lactação foi de  $20,4 \pm 0,06$  dias. A concentração de IgG no soro dos leitões D200 e D200S foi superior à dos leitões CM, D120 e D120S ( $P < 0,05$ ), enquanto que os leitões CMS e D200 tiveram concentração de IgG similar ( $P > 0,05$ ). O maior ganho de peso nas primeiras 24 h foi observado no tratamento CMS, ao passo que os tratamentos D120 e D120S tiveram perda de peso neste período ( $P < 0,05$ ). O ganho de peso diário durante o período de lactação e o peso aos 7, 14 e 20 dias foram semelhantes entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). Os leitões D120 apresentaram maior taxa de mortalidade durante a lactação do que os leitões CMS, D120S, D200 e D200S ( $P < 0,05$ ). O fornecimento de 200 mL de colostro ou de suplemento proteico-energético são alternativas que garantem maior concentração de IgG sérica, ganho de peso nas primeiras 24 h de vida e maior sobrevivência.

**Palavras-chave:** leitões, baixo peso ao nascimento, colostro, imunoglobulina G, suplemento proteico-energético, mortalidade pré-desmame.

### Introdução

A seleção para hiperprolificidade na produção de suínos avançou nos últimos anos e trouxe como consequências maior variabilidade no peso ao nascer e maior mortalidade pré-desmame (QUINIOU et al., 2002; ALVARENGA et al., 2013). O baixo peso ao nascimento está entre as causas mais frequentes de mortalidade no período neonatal (KILBRIDE et al., 2012; KIRKDEN et al., 2013), principalmente na primeira semana de vida (FURTADO et al., 2012).

O leitão nasce com baixas reservas de energia e desprovido de proteção imunológica devido à natureza epiteliocorial da placenta dos suínos (ROOKE & BLAND, 2002). O colostro e leite são as principais fontes de nutrição e imunidade passiva para o leitão (SVENDSEN et al., 2005). Entretanto, o período de liberação do colostro é curto, aproximadamente 24 h (LE DIVIDICH et al., 2005a; QUESNEL et al., 2012).

A taxa inicial de ingestão de colostro é muito rápida e pode corresponder a até 7% do peso corporal nas duas primeiras horas após o nascimento (FRASER & RUSHEN, 1992). Quando colostro está disponível em uma quantidade ilimitada, leitões podem

ingerir 450 g / kg de peso corporal, sugerindo que a capacidade de consumo de colostro é alta (LE DIVIDICH et al., 1997). Porém, o coeficiente de variação para o consumo de colostro dentro da leitegada oscila entre 15 e 110% (LE DIVIDICH et al., 2005a).

Sabe-se que o consumo de colostro aumenta em 26-37 g por 100 g de aumento no peso individual do leitão (LE DIVIDICH et al., 2004; DEVILLERS et al., 2005). Com base em estudos que estimam a quantidade de colostro consumida (DEVILLERS et al., 2004; THEIL et al., 2014), recomenda-se a ingestão mínima de 200 g de colostro por leitão para garantir imunidade passiva e sobrevivência (DEVILLERS et al., 2005; QUESNEL et al., 2012).

Visando aumentar a viabilidade dos leitões de baixo peso ao nascer, se faz necessário investigar o uso de técnicas para assegurar a ingestão de colostro e absorção de IgG, como, por exemplo, o uso de sonda orogástrica (SVENDSEN et al., 2005; CABREIRA et al., 2013), assegurando uma oferta precoce, contínua e suficiente de colostro a estes leitões. Da mesma forma, há a necessidade de avaliar se o fornecimento de um suplemento proteico-energético poderia incrementar o consumo de colostro ou atuar em sinergia com o colostro oferecido. A definição da quantidade suficiente de colostro que deve ser ingerido, de acordo com o peso do leitão ao nascimento, pode ser uma importante ferramenta de manejo, permitindo foco em cuidados com leitões que apresentam menor chance de sobrevivência (FERRARI et al., 2014).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a absorção de IgG, o desempenho e a sobrevivência de leitões de baixo peso ao nascimento submetidos à alimentação por sonda orogástrica ou amamentação natural, recebendo ou não suplemento proteico-energético, nas primeiras 24 h de vida.

### **Material e Métodos**

O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA –UFRGS) sob licença experimental (número do projeto 26209).

#### *Local, animais e instalações*

O experimento foi realizado em uma granja suinícola tecnificada com plantel de 4300 matrizes em produção, localizada no meio-oeste do estado de Santa Catarina, nos meses de Janeiro a Abril de 2014.

Foram utilizados 180 leitões oriundos de fêmeas Camborough 25® (Large White x Duroc x Landrace; genética Agrocere PIC®) com parição espontânea ou induzida. Leitões com peso ao nascimento entre 800 e 1200 g (média de 1025,2 g) foram distribuídos uniformemente entre os tratamentos de acordo com o peso, sexo (48% de

fêmeas e 52% de machos) e ordem de parto da mãe (média  $3,9 \pm 0,11$ ). Quatro leitões foram excluídos das análises (dois morreram logo após o fornecimento da primeira dose de colostro; um em decorrência da coleta de sangue; um durante a passagem da sonda). No momento da uniformização, esses leitões foram substituídos por leitões de peso semelhante, de modo a manter o mesmo tamanho de leitegada (12 leitões/fêmea). No entanto, os leitões substitutos não foram incluídos nas análises, visto que não foram submetidos aos tratamentos correspondentes.

Na maternidade, as fêmeas foram alojadas em celas parideiras que possuem uma gaiola com a área central para a matriz e áreas laterais de acesso exclusivo aos leitões, equipadas com barras laterais e traseiras para prevenir o esmagamento de leitões, onde os animais permaneceram até o desmame. As celas apresentavam piso vazado e eram providas com bebedouro e comedouro automáticos individuais. As celas parideiras possuíam dimensões de 1,70 x 2,10 m, com uma área de refúgio com aquecimento por lâmpada e piso térmico, proporcionando uma fonte de calor adequada para os leitões. Durante as primeiras 24 h de vida, parte dos leitões foi mantida em um Deck de alimentação (0,55 x 0,36 x 0,30 m), com capacidade para quatro leitões, dentro do escamoteador. O controle de temperatura da maternidade foi realizado pelo manejo de cortinas laterais.

#### *Procedimentos experimentais*

Para formar uma leitegada de 12 leitões de baixo peso ao nascimento, cinco partos foram acompanhados simultaneamente. Com isso, foi possível alcançar o número necessário de leitões dentro da faixa de peso esperada, em um período médio de  $100,3 \pm 3,6$  minutos entre o nascimento do primeiro ao último dos 12 leitões selecionados, sendo compreendido o período do nascimento até o fornecimento ou acesso ao colostro. Após o nascimento, os leitões foram secos com papel toalha, tiveram o cordão umbilical amarrado com barbante estéril e foram pesados. Eles foram impedidos de mamar até serem distribuídos aleatoriamente nos tratamentos, após o qual foram identificados com brincos. A temperatura corporal dos leitões foi medida logo após o nascimento e 24 h após. No terceiro dia de vida todos os leitões receberam injeção de ferro (Gleptoferril®, Eurofarma, 200 mg / leitão) via intramuscular, anticoccidiano via oral (Isocox®, Ouro Fino, Brasil) e tiveram um terço da cauda cortado.

#### *Tratamentos*

Os leitões foram submetidos a um dos tratamentos a seguir, sendo dois leitões de cada tratamento por leitegada, perfazendo um total de 15 leitegadas. Em dois

tratamentos os leitões foram amamentados naturalmente pelas respectivas mães biológicas e competiam com seus irmãos de leitegadas (em média  $12,0 \pm 0,33$  leitões), ao longo das primeiras 24 h de vida: leitões controle com a mãe biológica (CM; n=30) e leitões com a mãe biológica mais o fornecimento de suplemento proteico-energético (CMS; n=30). Nos outros quatro tratamentos, os leitões permaneceram em um Deck de alimentação (D) ao longo das primeiras 24 h de vida, sem terem consumido colostro de suas mães. Esses leitões receberam colostro por sonda orogástrica, em diferentes quantidades, com ou sem o fornecimento de suplemento proteico-energético: 120 mL de colostro (D120; n=30); 120 mL de colostro e suplemento proteico-energético (D120S; n=30); 200 mL de colostro (D200; n=29) e 200 mL de colostro e suplemento proteico-energético (D200S; n=27). O fornecimento de colostro foi efetuado quatro vezes, em intervalos de 6 h, sendo utilizados volumes de 30 mL por vez nos grupos D120 e D120S e de 50 mL por vez nos grupos D200 e D200S. O suplemento proteico-energético (Mig Dose Evolution, Mig Plus, Casca, Brasil) fornecido aos leitões dos grupos CMS, D120S e D200S foi administrado por via oral em três aplicações de 1,33 mL, nas horas zero, seis e 12, totalizando quatro mL nas primeiras 24 h de vida. Nos grupos D120S e D200S, o suplemento proteico-energético foi fornecido 5 minutos antes do colostro. O suplemento fornecido foi à base de proteínas lácteas e óleo de coco refinado (20% PB; 40% Extrato Etéreo; 20% Lactose e 5400 kcal / kg EM).

Os leitões foram pesados e amostras de sangue foram coletadas 24 h após o início dos tratamentos. Grupos de 12 leitões foram colocados para mamar em mães adotivas, de OP média  $3,0 \pm 0,08$ , durante um período médio de lactação de  $20,4 \pm 0,06$  dias. Foram realizadas pesagens no 7º, 14º e 20º dia de vida dos leitões. Os leitões foram acompanhados diariamente e as mortes foram registradas de acordo com a necropsia e classificadas em desnutrição, esmagamento, anemia e meningite.

#### *Pool de colostro*

Foi formado um pool de colostro com amostras (em média 250 mL por fêmea) coletadas manualmente de cinco a sete fêmeas em boa condição sanitária, de OP 2 a 7, a partir do início do parto até 6h após. As amostras foram homogeneizadas e constituíram um pool de colostro de aproximadamente 1500 mL, armazenado em média por  $9,1 \pm 0,20$  dias a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Foram formados 15 pools, os quais foram fracionados em porções de 320 mL. O colostro foi descongelado por 40 minutos a  $38^{\circ}\text{C}$  e fornecido aos leitões de acordo com os tratamentos.

Amostras dos pools de colostro foram coletadas e foram mensurados os sólidos totais por pesagem antes e após liofilização (Christ Alpha 2-4 LD Freeze Dryer, Newtown, UK) e a proteína bruta pelo método Kjeldahl, em duplicatas. Para determinação do teor de lipídios do colostro as amostras foram diluídas 1:2 em água destilada e a determinação foi efetuada por Gerber, em duplicata, conforme descrito por Decaluwé et al. (2013).

#### *Determinação de IgG no soro sanguíneo e colostro*

Foram coletados 4 mL de sangue pela punção da veia jugular, utilizando agulhas e tubos vacutainer (Vacutainer, Labor Import, São Paulo, Brasil) contendo ativador de coagulação, 24 h após o início dos tratamentos. Uma hora após a coleta do sangue, as amostras foram centrifugadas e o soro (1,5 mL) foi separado e armazenado em temperatura de -20°C.

A concentração de IgG no soro dos leitões foi mensurada usando o Kit Quantitation Set Pig IgG (E100–104) e Kit Starter Accessory (E101) (Bethyl Laboratories, Montgomery, Texas, USA). As amostras de soro foram diluídas 1/150.000 e de colostro 1/550.000, seguindo o protocolo recomendado pelo kit. Cada amostra foi mensurada em duplicata, sendo os coeficientes de variação intraplaca e interplaca de 3,8% e 13%, respectivamente.

#### *Análises estatísticas*

As análises estatísticas foram efetuadas com o uso do software SAS® (Statistical Analysis System; versão 9.1; 2005). Os dados de variáveis contínuas são apresentados como média  $\pm$  erro padrão da média. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas ao nível de probabilidade de 95% ( $P < 0,05$ ). As seguintes variáveis foram analisadas usando o procedimento MIXED: ordem de parto da mãe biológica, tamanho da leitegada, ordem de parto da mãe adotiva, duração da lactação, intervalo entre o nascimento e a ingestão de colostro, o peso ao nascimento, ganho de peso diário (GPD) do primeiro dia até o dia do desmame, a temperatura retal e a concentração sérica de IgG. Na análise do GPD, o peso ao nascimento foi incluído como covariável.

O peso aos 7, 14 e 20 dias foi analisado pelo procedimento MIXED, como medidas repetidas, usando o efeito fixo de tratamento, momento de pesagem e interação entre os dois. Foram incluídos no modelo os efeitos aleatórios da mãe de origem e mãe adotiva, além do peso ao nascimento como covariável. A sobrevivência dos leitões ao longo da lactação foi analisada pelo procedimento LIFETEST e os tratamentos foram

comparados pelo teste Log-Rank. A estatística descritiva dos componentes do colostro foi obtida com o procedimento MEANS.

### **Resultados**

A composição do colostro utilizado como fonte de alimentação para os tratamentos D120, D120S, D200 e D200S foi de  $25,4 \pm 0,50\%$  de sólidos totais,  $14,3 \pm 0,33\%$  de proteína bruta,  $5,4 \pm 0,32\%$  de lipídios e  $50,5 \pm 2,96$  mg / mL de IgG.

A temperatura corporal dos leitões as 24 h após o nascimento foi semelhante entre os tratamentos. Os leitões D200 e D200S apresentaram concentração sérica de IgG, nas 24 h após o nascimento, maior do que a dos leitões CM, D120 e D120S ( $P < 0,05$ ; Tabela 1). Os leitões CMS apresentaram concentração de IgG menor ( $P < 0,05$ ) do que a dos leitões D200S, mas semelhante ( $P > 0,05$ ) à dos leitões D200.

O maior ganho de peso nas 24 h iniciais de vida foi observado nos leitões CMS, os quais permaneceram com a mãe biológica e receberam o suplemento proteico-energético ( $P < 0,05$ ; Tabela 1). Quando comparados aos demais grupos, os leitões D120 e D120S perderam peso nas primeiras 24 h de vida ( $P < 0,05$ ). Os leitões D200 e D200S tiveram um ganho de peso semelhante ( $P > 0,05$ ) aos leitões CM. Não houve diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ) no ganho de peso diário entre o primeiro dia e o desmame ou no peso aos 7, 14 e 20 dias de vida (Tabela 1).

Os leitões D120 apresentaram menor sobrevivência ( $P < 0,05$ ) do que os leitões CMS, D120S, D200 e D200S, ao longo da lactação (Figura 1). Considerando a mesma quantidade de colostro ingerida, isto é, 120 mL, a sobrevivência ao desmame dos leitões D120 foi de 66,7%, enquanto nos leitões D120S, que receberam suplemento, a sobrevivência foi de 93,3%.

A causa de mortalidade não diferiu entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ). No geral, a causa de mortalidade mais frequente foi desnutrição (51,9%; 14/27), em que os animais apresentavam-se magros, desidratados e com extremidades ósseas proeminentes. As outras causas observadas foram esmagamento (40,7%; 11/27), anemia (3,7%; 1/27) e meningite (3,7%; 1/27).

### **Discussão**

A absorção de IgG, o desempenho e a sobrevivência de leitões de baixo peso ao nascimento são importantes para determinar a eficiência do uso de pool de colostro, sonda orogástrica e suplementação proteico-energético, nas primeiras 24 h de vida.

Os valores de sólidos totais, proteína e lipídios do colostro administrado aos leitões D120, D120S, D200 e D200S são semelhantes aos relatados por outros autores



(LE DIVIDICH et al., 2005b; QUESNEL et al., 2009; FOISNET et al., 2010, 2011; CAMPBELL et al., 2012), indicando uma composição nutricional normal. Entretanto, os valores de Decaluwé et al. (2013) são superiores, mesmo em colostro coletado em até 6 h após o parto, como no presente estudo. Tomadas em conjunto, essas observações podem indicar que diferenças na composição do colostro poderiam estar associadas à variação entre genótipos ou estado corporal das fêmeas dos diferentes estudos.

A concentração de IgG no pool de colostro está de acordo com resultados de outros estudos (BLAND et al., 2003; FOISNET et al., 2010), mas é inferior à concentração detectada (111,5 mg / mL) por Amdi et al. (2013), mesmo tendo coletado colostro nas primeiras 6h após o parto. Isto confirma a grande variação individual que pode ocorrer na concentração de IgG (FOISNET et al., 2010), além da possível variação que pode estar associada com o momento da coleta, visto que há diminuição gradativa após o parto (LE DIVIDICH et al., 2005b; QUESNEL, 2011; AMDI et al., 2013; DECALUWÉ et al., 2014), com redução significativa de IgG quando a coleta é realizada após 6h do parto (LE DIVIDICH et al., 2005b; FOISNET et al., 2010; 2011; QUESNEL, 2011).

A concentração sérica de IgG semelhante entre os leitões que mamaram em suas mães e os leitões D120 e D120S indica que o pool de colostro oferecido aos leitões continha quantidade adequada de IgG. Svendsen et al. (2005) também observaram que leitões alimentados com 30 mL de colostro / kg, por quatro vezes, oriundo de suas próprias mães, tiveram concentração de IgG semelhante à de seus irmãos de leitegada. O aumento da concentração de IgG nos leitões que receberam 50 mL de colostro (D200 e D200S) confirma a observação de que o aumento de IgG está associado com maior quantidade de colostro ingerida e/ou maior concentração de IgG no colostro (DEVILLERS et al., 2011). No estudo de Muns et al. (2014), a oferta adicional de 15 mL de colostro nas primeiras horas de vida foi suficiente para aumentar a concentração de IgG. Também tem sido possível igualar a concentração de IgG com a dos leitões que mamam naturalmente, pelo fornecimento de suplementos orais contendo IgG de plasma suíno e um substrato energético adicional (BIKKER et al., 2010). Cabe ressaltar que os leitões que mamaram naturalmente e receberam o suplemento proteico-energético (CMS) tiveram concentração de IgG semelhante à dos leitões D200. Pode ser especulado que o suplemento proteico-energético proporcionou um aumento na quantidade de colostro consumida pelos leitões CMS, comprovado pelo seu maior ganho de peso nas primeiras 24 h, em comparação ao grupo CM. Isso indica que é

possível garantir a absorção adequada de IgG pelo uso de pool de colostro e suplementação proteico-energética como estratégia de alimentar leitões de baixo peso ou leitegadas supranumerárias.

Acredita-se que se o consumo de colostro for abaixo de 160 g, a energia fornecida é insuficiente para permitir ganho de peso do leitão nas primeiras 24 h de vida (LE DIVIDICH et al., 2005a; QUESNEL, 2011). No presente estudo, a perda de peso nos leitões que ingeriram 120 mL e o ganho de peso nos que receberam 200 mL de colostro correspondeu à expectativa. Quando a ingestão foi de apenas 30 mL de um pool de colostro ou de suplementos de colostro, durante as primeiras 12 h de vida, Campbell et al. (2012) também observaram perda de peso dos leitões. Por outro lado, cabe salientar que o ganho de peso dos leitões CMS nas primeiras 24 horas, foi superior ao de leitões com média de nascimento de 1389 g no estudo de Muns et al. (2013). É possível que o maior GPD dos leitões CMS, nas primeiras 24 h de vida, tenha resultado do fato do suplemento administrado ter melhorado a vitalidade e aumentado a capacidade de ingestão de colostro, que já é naturalmente alta por ocasião do nascimento, na tentativa de compensar as baixas reservas energéticas corporais (LE DIVIDICH et al., 1997).

Apesar das diferenças de GPD, nas primeiras 24 h de vida, o crescimento dos leitões até o desmame não foi afetado pela quantidade de colostro ingerida, corroborando os resultados de Svendsen et al. (2005). Essa observação confirma que o desempenho no primeiro dia de vida pode não afetar diretamente o peso ao desmame, pois múltiplos fatores influenciam no desempenho no período lactacional, tais como a produção de leite, aspectos sanitários, nutricionais e de manejo (LE DIVIDICH et al., 2005a; QUESNEL et al., 2012). Em contrapartida, no estudo de Ferrari et al. (2014), leitões que consumiram <250 g de colostro não tiveram diferença de peso até o desmame mas pesaram menos aos 28 e 42 dias de vida do que os que consumiram >250 g de colostro.

Tabela 1. Efeito dos tratamentos sobre a concentração de IgG sérica, ganho de peso diário (GPD) e peso dos leitões (Médias  $\pm$  Erro padrão da média).

Tratamentos	IgG (mg/mL)	GPD (g)	GPD (g)	Peso (g)		
	24 h de vida	24 h de vida	1º dia ao desmame	7 dias	14 dias	20 dias
CM	23,1 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	40,9 $\pm$ 11,3 <sup>b</sup>	179,4 $\pm$ 11,0	1947,4 $\pm$ 69,7	3326,9 $\pm$ 161,2	4508,8 $\pm$ 242,9
CMS	25,8 $\pm$ 1,9 <sup>ab</sup>	101,0 $\pm$ 11,3 <sup>a</sup>	189,7 $\pm$ 10,6	2054,2 $\pm$ 66,9	3397,0 $\pm$ 153,7	4637,7 $\pm$ 231,7
D120	24,3 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	- 11,9 $\pm$ 11,3 <sup>c</sup>	173,1 $\pm$ 11,8	1911,0 $\pm$ 71,9	3049,1 $\pm$ 169,2	4152,7 $\pm$ 256,9
D120S	22,9 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	-19,9 $\pm$ 11,3 <sup>c</sup>	182,9 $\pm$ 10,3	1966,3 $\pm$ 66,9	3360,8 $\pm$ 151,8	4703,4 $\pm$ 227,7
D200	29,0 $\pm$ 1,9 <sup>bc</sup>	28,8 $\pm$ 11,4 <sup>b</sup>	182,3 $\pm$ 10,5	1979,5 $\pm$ 67,7	3417,8 $\pm$ 154,4	4688,6 $\pm$ 231,7
D200S	31,1 $\pm$ 1,9 <sup>c</sup>	36,6 $\pm$ 11,8 <sup>b</sup>	194,8 $\pm$ 10,9	2032,5 $\pm$ 69,6	3418,3 $\pm$ 161,2	4793,5 $\pm$ 242,9

a,b,c indicam diferença significativa na coluna ( $P < 0,05$ ). Os tratamentos foram aplicados nas primeiras 24h de vida. CM= Leitões foram amamentados pelas mães biológicas; CMS= Leitões foram amamentados pelas mães biológicas e receberam suplemento proteico-energético; D120= Leitões receberam 120 mL de colostro via sonda; D120S= Leitões receberam 120 mL de colostro via sonda e suplemento proteico-energético; D200= Leitões receberam 200 mL de colostro via sonda; D200S= Leitões receberam 200 mL de colostro via sonda e suplemento proteico-energético.

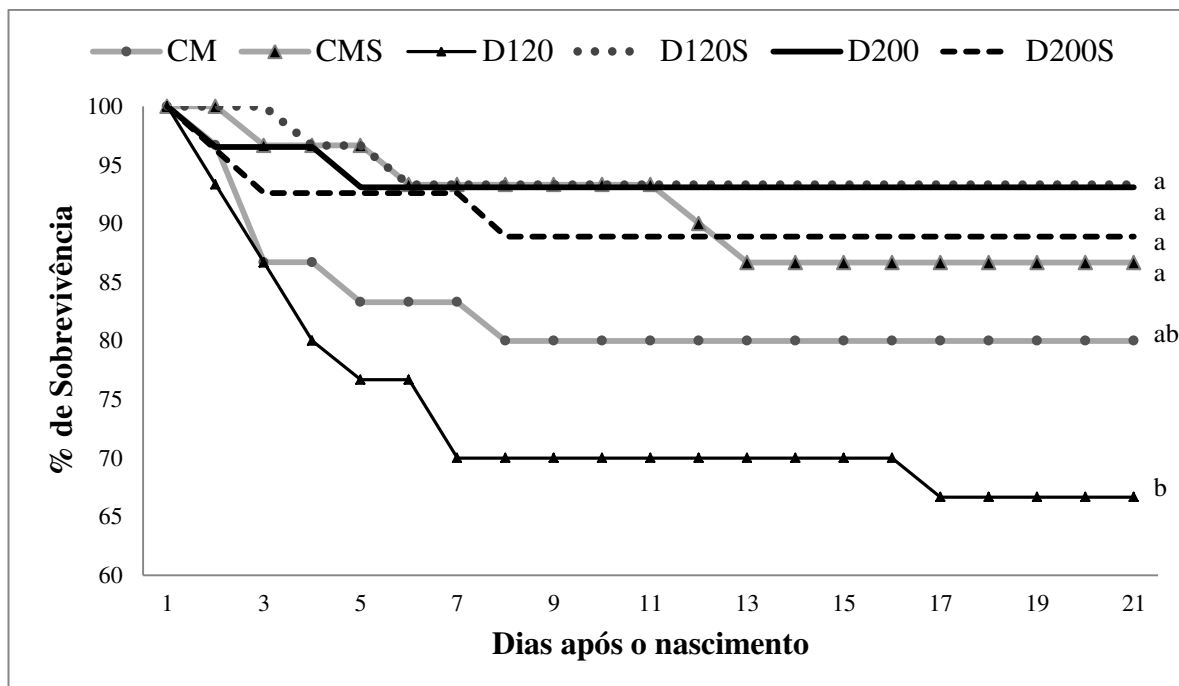


Figura 1. Curva de sobrevivência dos leitões ao longo da lactação. a,b indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ). Os tratamentos foram aplicados nas primeiras 24h de vida. CM= Leitões foram amamentados pelas mães biológicas; CMS= Leitões foram amamentados pelas mães biológicas e receberam suplemento proteico-energético; D120= Leitões receberam 120 mL de colostro via sonda; D120S= Leitões receberam 120 mL de colostro via sonda e suplemento proteico-energético; D200= Leitões receberam 200 mL de colostro via sonda; D200S= Leitões receberam 200 mL de colostro via sonda e suplemento proteico-energético.

A maior parte da mortalidade pré-desmame ocorreu durante os primeiros 3-4 dias de vida, em acordo com o que foi observado em outros estudos (TUCHSCHERER et al., 2000; FURTADO et al., 2012; ROOTWELT et al., 2013). A menor sobrevivência dos leitões que ingeriram 120 mL de colostro e não receberam suplemento proteico-energético está de acordo com a maior mortalidade em leitões com ingestão de colostro <150-160 g (DECALUWÉ et al., 2014; FERRARI et al., 2014). A menor sobrevivência dos leitões D120 poderia ser atribuída à sua menor concentração de IgG, em comparação aos leitões que consumiram 200 mL de colostro, já que a aquisição de um alto nível de imunidade passiva também é desejável, pois pode influenciar diretamente o desenvolvimento da imunidade ativa, saúde e desempenho do leitão (LE DIVIDICH et al., 2005a). No entanto, apesar da baixa quantidade de colostro ingerida, a concentração média de IgG dos leitões D120 está dentro da faixa de 22,5-25,0 mg / mL, associada com maior sobrevivência (91% x 67%) do que a de leitões com  $\leq 10$  mg / mL (CABREIRA et al., 2012). Assim, é provável que a deficiência energética pelo menor consumo de colostro e ausência de suplementação tenha sido o principal fator

contribuindo para a maior mortalidade dos leitões D120, confirmando a observação de Le Dividich et al. (2004) de que a ausência ou baixa ingestão de colostro e, portanto, de energia é a principal causa de mortalidade de leitões. A importância da maior ingestão de colostro para garantir a sobrevivência de leitões mais leves foi evidenciada por Ferrari et al. (2014), pois a probabilidade de morte foi reduzida em leitões de peso baixo (1,1-1,2 kg) e intermediário (>1,2-1,3 kg), quando consumiram 250 e 200 g de colostro, respectivamente, enquanto que a sobrevivência dos leitões mais pesados (>1,3-1,7 kg) não dependeu da ingestão de colostro.

### **Conclusões**

A concentração sérica de IgG é maior nos leitões que recebem 200 mL do que 120 mL de colostro. O uso de suplemento proteico-energético aumenta o ganho de peso nas primeiras 24 h de vida de leitões amamentados naturalmente e aumenta a sobrevivência dos leitões que recebem 120 mL de colostro. Garantir a ingestão de 200 mL de colostro ou fornecer um suplemento proteico-energético, nas primeiras 24 h de vida, aumenta a chance de sobrevivência dos leitões de baixo peso ao nascimento.

### **Conflitos de Interesse**

Nenhum dos autores tem quaisquer conflitos de interesse a declarar.

### **Agradecimentos**

Os autores são gratos à Master Genética Animal, especialmente à equipe da Master São Roque (Videira, Santa Catarina, Brasil) por proporcionar suas instalações para a realização deste estudo e à Agrocere PIC pelo apoio financeiro durante o período experimental.

### **Referências**

- ALVARENGA, A. L. N.; CHIARINI-GARCIA, H.; CARDEAL, P. C.; MOREIRA, L. P.; FOXCROFT, G. R.; FONTES, D. O.; ALMEIDA, F. R. C. L. Intra-uterine growth retardation affects birth weight and postnatal development in pigs, impairing muscle accretion, duodenal mucosa morphology and carcass traits. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 25, p. 387–395, 2013.
- AMDI, C.; KROGH, U.; FLUMMER, C.; OKSBJERG, N.; HANSEN, C. F.; THEIL, P. K. Intrauterine growth restricted piglets defined by their head shape ingest insufficient amounts of colostrum. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5605–5613, 2013.

BIKKER, P.; KRANENDONK, G.; GERRITSEN, R.; RUSSELL, L.; CAMPBELL, J.; CRENSHAW, J.; RODRÍGUEZ, C.; JESUS RÓDENAS, J.; POLO, J. Absorption of orally supplied immunoglobulins in neonatal piglets. **Livestock Science**, v. 134, p. 139–142, 2010.

BLAND, I. M.; ROOKE, J. A.; BLAND, V. C.; SINCLAIR, A.G.; EDWARDS, S. A. Appearance of immunoglobulin G in the plasma of piglets following intake of colostrum, with or without a delay in sucking. **Animal Science**, v. 77, p. 277 – 286, 2003.

CABRERA, R.; LIN, X.; ASHWELL, M.; MOESER A.; ODLE J. Early postnatal kinetics of colostral immunoglobulin G absorption in fed and fasted piglets and developmental expression of the intestinal immunoglobulin G receptor. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 211-218, 2013.

CABRERA, R. A.; LIN, X.; CAMPBELL, J. M.; MOESER, A. J.; ODLE, J. Influence of birth order, birth weight, colostrums and serum immunoglobulin G on neonatal piglet survival. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 3, p. 42, 2012.

CAMPBELL, J.; JACOBI, S.; LIU, Y.; HARD ROBERTSON, K.; DRAYTON, J.; MEDINA, I.; POLO, J.; CRENSHAW, J.; ODLE, J. Evaluation of immunoglobulin G absorption from colostrum supplements gavaged to newborn piglets. **Journal Animal Science**, v. 90, p. 299–301, 2012.

DECALUWÉ, R.; MAES, D.; DECLERCK, I.; COOLS, A.; WUYTS, B.; DE SMET, S.; JANSSENS, G.P.J. Changes in back fat thickness during late gestation predict colostrum yield in sows. **Animal**, v. 7, p. 1999-2007, 2013.

DECALUWÉ, R.; MAES, D.; WUYTS, B.; COOLS, A.; PIEPERS, S.; JANSSENS, G.P.J. Piglets' colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning. **Livestock Science**, v. 162, p. 185–192, 2014.

DEVILLERS, N.; VAN MILGEN, J.; PRUNIER, A.; LE DIVIDICH, J. Estimation of colostrum intake in the neonatal pig. **Animal Science**, v. 78, p. 305-313, 2004.

DEVILLERS, N.; LE DIVIDICH, J.; FARMER, C.; MOUNIER, A. Z. M.; LEFEBVRE, M.; PRUNIER, A. Origine et conséquences de la variabilité de la

production de colostrum par la truie et de la consommation de colostrum par les porcelets. **Journées de Recherches Porcine**, v. 37, p. 435-442, 2005.

DEVILLERS, N., LE DIVIDICH, J.; PRUNIER, A. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. **Animal**, v. 5, p. 1605-1612, 2011.

FERRARI, C.V.; SBARDELLA, P.E.; BERNARDI, M.L.; COUTINHO, M.L.; VAZ, I.S.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 114, p. 259-266, 2014.

FOISNET, A.; FARMER, C.; DAVID, C.; QUESNEL, H. Relationship between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. **Journal Animal Science**, 8, 1672–1683, 2010.

FOISNET, A.; FARMER, C.; DAVID, C.; QUESNEL, H. Farrowing induction induced transient alterations in prolactin concentrations and colostrum composition in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3048-3059, 2011.

FRASER, D.; RUSHEN, J. Colostrum intake by the newborn piglets. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, p. 1-13, 1992.

FURTADO, C.S.D.; MELLAGI, A.P.G.; CYPRIANO, C.R.; GAGGINI, T.S.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Influence of Birth Weight and of Oral, Umbilical or Limb Lesions on Performance of Suckling Piglets. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.40 (4), p. 1-7, 2012.

KILBRIDE, A.L.; MENDEL, M.; STATHAM, P.; HELD, S.; HARRIS, M.; COOPER, S.; GREEN, L.E. A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. **Preventive Veterinary Medicine**, 104, 281–291, 2012.

KIRKDEN, R. D.; BROOM, D. M.; ANDERSEN, I. L. Invited review: Piglet mortality: Management solutions. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 3361-3389, 2013.

LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P.; PAUL, E.; STRULLU, F. Effect of fat content of colostrum on voluntary colostrum intake and fat utilization in newborn pigs. **Journal Animal Science**, v. 75 p. 707-713, 1997.

LE DIVIDICH, J.; MARTINEAU, G. P.; THOMAS, F.; DEMAY, H.; RENOULT, H.; HOMO, C.; BOUTIN, D.; GAILLARD, L.; SUREL, Y., BOUÉTARD, M.; MASSARD, M. Acquisition de l'immunité passive chez les porcelets et production de colostrum chez la truie. **Journées de Recherches Porcine**, v. 36, p. 451-456, 2004.

LE DIVIDICH, J.; ROOKE, J.A.; HERPIN, P. Review: nutritional and immunological importance of colostrum for the newborn pig. **Journal of Agricultural Science**, v. 143, p. 469-485, 2005a.

LE DIVIDICH, J.; THOMAS, F.; RENOULT, H.; OSWALD, I. Acquisition de l'immunité passive chez le porcelet: rôle de la quantité d'immunoglobulines ingérées et de la perméabilité intestinale. **Journées de Recherches Porcine**, v. 37, p. 443-448, 2005b.

MUNS, R.; MANZANILLA, E. G.; SOL, C.; MANTECA, X.; GASA, J. Piglet behavior as a measure of vitality and its influence on piglet survival and growth during lactation. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 1838-1843, 2013.

MUNS, R.; SILVA, C.; MANTECA X.; GASA, J. Effect of cross-fostering and oral supplementation with colostrums on performance of newborn piglets. **Journal Animal Science**, v. 92, p. 1193-1199, 2014.

QUESNEL, H. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. **Animal**, v. 5, p. 1546-1553, 2011.

QUESNEL, H.; FARMER, C.; DEVILLERS, N. Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. **Livestock Science**, v. 146 (2-3), p. 105-114, 2012.

QUESNEL, H.; MEUNIER-SALAÜN, M.-C.; HAMARD, A.; GUILLEMET, R.; ETIENNE, M.; FARMER, C.; DOURMAD, J.-Y.; PÈRE, M.-C. Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 532-543, 2009.

QUINIOU, N.; DAGORN, J.; GAUDRÉ, D. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, v. 78, p. 63-70, 2002.



ROOKE, J.A.; BLAND, I.M. The acquisition of passive immunity in the newborn piglet. **Livestock Production Science**, v.78, p. 13-23, 2002.

ROOTWELT, V., REKSEN, O., FARSTAD, W. AND FRAMSTAD, T. Postpartum deaths: piglet, placental, and umbilical characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 2647-2656, 2013.

SVENDSEN, J.; WESTRÖM, B.R.; OLSSON, A. -CH. Intestinal macromolecular transmission in newborn pigs: implications for management of neonatal pig survival and health. **Livestock Production Science**, v. 97, p. 183-191, 2005.

THEIL, P.K., FLUMMER, C., HURLEY, W.L., KRISTENSEN, N.B., LABOURIAU, R. AND SØRENSEN, M.T. Mechanistic model to predict colostrum intake based on deuterium oxide dilution technique and impact of gestation and lactation diets on piglet intake and sow yield of colostrum. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 5507-5519, 2014.

TUCHSCHERER, M.; PUPPE, B.; TUCHSCHERER, A.; TIEMANN, U. Early identification of neonates at risk: traits of newborn piglets with respect to survival. **Theriogenology**, v. 54, p. 371-388, 2000.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O colostro e leite são as principais fontes de nutrição e imunidade passiva para o leitão. A ingestão de colostro e o peso ao nascer são fatores importantes que contribuem para a sobrevivência e desempenho dos leitões. O fornecimento de colostro por sonda orogástrica é uma alternativa para garantir uma ingestão precoce e contínua a leitões de baixo peso ao nascimento. A concentração sérica de IgG é maior nos leitões que receberam 200 mL do que 120 mL de colostro por sonda orogástrica. Sendo assim, a utilização de pool de colostro pode ser usada como estratégia para alimentar leitões de baixo peso ou leitegadas supranumerárias, garantindo as exigências nutricionais e imunológicas dos leitões dessa classe de peso. O fornecimento de um suplemento proteico-energético durante as primeiras 24 horas pode incrementar o consumo de colostro ou atuar em sinergia com o colostro oferecido, melhorando o ganho de peso nas primeiras 24 horas e aumentando a sobrevivência dos leitões que recebem 120 mL de colostro. Com isso, garantir a ingestão de 200 mL de colostro ou fornecer um suplemento proteico-energético, nas primeiras 24 h de vida, aumenta a chance de sobrevivência dos leitões de baixo peso ao nascimento durante a lactação.

Novos estudos precisam ser feitos para analisar o impacto da suplementação proteico-energética ou com pool de colostro, durante o período lactacional no desempenho subsequente do leitão de baixo peso até o abate.

## 5. REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, A. A. F.; VIANNA, W. L.; CARVALHO, L. F. O. S.; MORETTI, A.S. Causas de mortalidade de leitões neonatos em sistema intensivo de produção de suínos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, p. 86-91. 2004.

AGRINESS. **Melhores da Suinocultura**. 7ª Edição. Florianópolis: 2014. Disponível em: [http:// www.melhoresdasuinocultura.com.br/melhores/edicoes?edicao=7](http://www.melhoresdasuinocultura.com.br/melhores/edicoes?edicao=7). Acesso em: 16 jan. 2015.

ALVARENGA, A.L.N.; CHIARINI-GARCIA, H; CARDEAL, P.C.; MOREIRA, L. P.; FOXCROFT, G. R.; FONTES, D. O.; ALMEIDA, F. R. C. L. Intra-uterine growth retardation affects birth weight and postnatal development in pigs, impairing muscle accretion, duodenal mucosa morphology and carcass traits. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 25, p. 387-395. 2013.

AMDI, C.; KROGH, U.; FLUMMER, C.; OKSBJERG, N.; HANSEN, C. F.; THEIL, P. K. Intrauterine growth restricted piglets defined by their head shape ingest insufficient amounts of colostrum. **Journal of Animal Science**, 91, 5605–5613. 2013.

ANDERSEN, I. L.; HAUKVIK, I. A.; BØE, K. E. Drying and warming immediately after birth may reduce piglet mortality in loose-housed sows. **Animal**, v. 3, p. 592–597. 2009.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 16th ed. AOAC International, Arlington. 1995.

ARIZA-NIETO,C.; BANDRICK, M.; BAIDOO, S. K.; ANIL, L.; MOLITOR, T. W.; HATHAWAY, M. R. Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and immune status of suckling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 1079-1089. 2011.

ATWOOD, C.S.; HARTMANN, P.E. Collection of fore and hind milk from the sow and the changes in milk composition during suckling. **Journal of Dairy Research**, v. 59, p. 287-298. 1992.

ATWOOD, C.S.; TOUSSAINT, J.K.; HARTMANN, P.E. Assessment of mammary gland metabolism in the sow. II. Cellular metabolites in the mammary secretion and plasma during lactogenesis II. **Journal of Dairy Research**, v. 62, p. 207-220. 1995.

AULDIST, D. E.; MORRISH, L.; EASON, P. KING, R. H. The influence of litter size on milk production of sows. **Animal Science**, v. 67 (02), p. 333 – 337. 1998.

AZAIN, M. J.; TOMKINS, T.; SOWINSKI, J. S.; ARENTSON, R. A.; JEWELL, D. E. Effect of supplemental pig milk replacer on litter performance: seasonal variation in response. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2195–2202. 1996.

BAINTNER, K. Transmission of antibodies from mother to young: Evolutionary strategies in a proteolytic environment **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 117, p. 153–161. 2007.

BAXTER, E. M.; JARVIS, S.; D'EATH, R. B.; ROSS, D. W.; ROBSON, S. K.; FARISH, M.; NEVISON, I. M.; LAWRENCE, A. B.; EDWARDS, S. A. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. **Theriogenology**, v. 69, p. 773–783. 2008.

BAXTER, E. M.; RUTHERFORD, K. M. D.; D'EATH, R. B.; ARNOTT, G.; TURNER, S. P. ; SANDØE, P.; MOUSTSEN, V. A.; THORUP, F.; EDWARDS, S. A. LAWRENCE, A. B. The welfare implications of large litter size in the domestic pig II: Management factors. **Animal Welfare**, v. 22, p. 219–238. 2013.

BAZER, F.W.; FORD, J.J.; KENSINGER, R.S. Reproductive Physiology. In: POND, W.G.; MERSMANN, H.J.; (eds). **Biology of the Domestic Pig**. Comstock Publishing Association, Ithaca, USA, p. 150–224. 2001.

BEAULIEU, A. D.; AALHUS, J. L.; WILLIAMS, N. H.; PATIENCE, J. F. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 2767–2778. 2010.

BENEVENGA, N. J.; STEINMANGOLDSWORTHY, J. K.; CRENSHAW, T. D.; ODLE, J. Utilization of medium-chain triglycerides by neonatal piglets.1. Effects on milk consumption and body fuel utilization. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 3331– 3339. 1989.

BIERHALS, T. Influência do peso dos leitões na uniformização no desempenho de primíparas suínas e suas leitegadas. 60 f. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2011.

BIERHALS, T.; HEIM, G.; PIUCO, P.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Uso prático do manejo de uniformização de leitegadas. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 38 (Supl 1), p. 141-157, 2010.

BIERHALS, T.; MAGNABOSCO, D.; RIBEIRO, R.R.; PERIN J.; CRUZ, R.A.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Influence of pig weight classification at cross-fostering on the performance on the primiparous sow and the adopted litter. **Livestock Science**, v. 146, p. 115-122, 2012.

BIERNAT, M.; ZABIELSKI R.; YAO G.; MARION, J., LE HUËROU-LURON, I.; LE DIVIDICH, J. Effect of formula v. sow milk feeding on the gut morphology in neonatal piglets. In: LINDBERG, J.E.; OGLE, B. (Eds) **Digestive physiology of pigs**, p. 43–45. CABI Publishing, Wallingford, UK. 2001.

BIRKENFELD, C.; KLUGE, H.; EDER, K. L-carnitine and suckling behaviour. **International Pig Topics** v. 21, p. 37–39. 2006.

BLAND, I.M.; ROOKE, J. A. Effects of sow, udder section and time on colostrum immunoglobulin G (IgG) concentrations and piglet colostrum intake. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, p. 158. 1998.

BOURNE, F.J.; NEWBY, T.J.; EVANS, P.; MORGAN, K. The immune requirements of the newborn pig and calf. **Annales de Recherches Veterinaires**, v. 9 (2), p. 239-244. 1978.

BROWN, J.M.E.; EDWARDS, S.A.; SMITH, W.J.; THOMPSON, E.; DUNCAN, J. Welfare and production implication of teeth clipping and iron injection in outdoor systems in Scotland. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 27, p. 95–105. 1996.

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

BUDDINGTON, R. K.; MALO, C. Intestinal brush-border membrane enzyme activities and transport functions during prenatal development of pigs. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 23, p. 51-64. 1996.

BURRIN, D. G.; WESTER, T. J.; DAVIS, T. A.; AMICK, S.; HEATH, J. P. Orally administered IGF-I increases intestinal mucosal growth in formula-fed neonatal pigs. **American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v. 270, p. R1085–R1091. 1996.

CABRERA, R. A. Improving early postnatal piglet health, growth and development: effects of supplemental milk replacer, IgG, glutamine and glutamic acid. 220f. **Tese de Doutorado**. Graduate Faculty of North Carolina State University, Raleigh, NC, USA, 2011.

CABRERA, R. A.; LIN, X.; CAMPBELL, J. M.; MOESER, A. J.; ODLE, J. Influence of birth order, birth weight, colostrums and serum immunoglobulin G on neonatal piglet survival. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 3, p. 42. 2012.

CAMPBELL, J.; JACOBI, S.; LIU, Y.; HARD ROBERTSON, K.; DRAYTON, J.; MEDINA, I.; POLO, J.; CRENSHAW, J.; ODLE, J. Evaluation of immunoglobulin G absorption from colostrum supplements gavaged to newborn piglets. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 299-301. 2012.

CASELLAS, J.; CASAS, X.; PIEDRAFITA, J.; MANTECA, X. Effect of medium- and long-chain triglyceride supplementation on small newborn-pig survival. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 67, p. 213–221. 2005.

CLARKE, R.M.; HARDY, R. N. Histological changes in the small intestine of the young pig and their relation to macromolecular uptake. **Journal of Anatomy**, v. 108, p. 63–77. 1971.

COWART, R. P. Parturition and dystocia in swine. In: YOUNGQUIST, R. S.; THRELFALL, W. R. (Eds) **Current therapy in large animal theriogenology**, 2nd ed. Saunders, St. Louis, MI. p. 778–784. 2007.

CSAPO, J.; MARTIN, T.G.; CSAPO-KISS, Z.S.; HAZAS, Z. Protein, fats, vitamin and mineral concentrations in porcine colostrum and milk from parturition to 60 days. **International Dairy Journal**, v. 6, p. 881-902. 1996.

CURTIS, S. E. Environmental-thermoregulatory interactions and neonatal piglet survival. **Journal of Animal Science**, v. 31, p. 576–587. 1970.

CURTIS, J.; BOURNE, F.J. Immunoglobulin quantitation in sow serum, colostrum and milk and the serum of young pigs. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 236, p. 319-332. 1971.

DALLANORA, D. Efeito da manipulação de aminoácidos na dieta de gestação e da inclusão de arginina na dieta de lactação sobre o desempenho de matrizes suínas e leitões. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

DE VOS, M.; CHE, L.; HUYGELEN, V.; WILLEMEN, S.; MICHIELS, J.; VAN CRUCHTEN, S.; VAN GINNEKEN C. Nutritional interventions to prevent and rear low-birthweight piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 98 (4), p. 609-19. 2014.

DECALUWÉ, R.; MAES, D.; DECLERCK, I.; COOLS, A.; WUYTS, B.; DE SMET, S.; JANSSENS, G.P.J. Changes in back fat thickness during late gestation predict colostrum yield in sows. **Animal**, v. 7, p. 1999-2007. 2013.

DECALUWÉ, R.; MAES, D.; WUYTS, B.; COOLS, A.; PIEPERS, S.; JANSSENS, G.P.J. Piglets' colostrum intake associates with daily weight gain and survival until weaning. **Livestock Science**, v. 162 p. 185–192. 2014.

DEHOFF, M.H.; STONER, C.S.; BAZER, F.W.; COLLIER, R.J.; KRAELING, R.R.; BUONOMO, F.C. Temporal changes in steroids, prolactin and growth hormone in pregnant and pseudo pregnant gilts during mammogenesis and lactogenesis. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 3, p. 95–105. 1986.

DELOUIS, C.; DIJANE, J.; HOUEBINE, L.M.; TERQUI, M. Relation between hormones and mammary gland function. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 1492-1513. 1980.

DEVILLERS, N.; FARMER, C.; MOUNIER, A.M.; LE DIVIDICH, J.; PRUNIER, A. Hormones, IgG and lactose changes around parturition in plasma, and colostrum or saliva of multiparous sows. **Reproduction Nutrition Development**, v. 44, p. 381-396. 2004a.

DEVILLERS, N.; VAN MILGEN, J.; PRUNIER, A.; LE DIVIDICH, J. Estimation of colostrum intake in the neonatal pig. **Animal Science**, v. 78, p. 305-313, 2004b.

DEVILLERS, N.; LE DIVIDICH, J.; FARMER, C.; MOUNIER, A.M.; LEFEBVRE, M.; PRUNIER, A. Origine et conséquences de la variabilité de la production de colostrum par la truie et de la consommation de colostrum par les porcelets. **Journées de la Recherche Porcine en France**, v. 37, p.435–42. 2005.

DEVILLERS, N.; FARMER, C.; LE DIVIDICH, J.; PRUNIER, A. Variability of colostrum yield and colostrum intake in swine. **Animal**, v. 1, p. 1033–1041, 2007.

DEWEY, C. E.; GOMES, T.; RICHARDSON, K. Field trial to determine the impact of providing additional care to litters on weaning weight of pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, p. 390–395. 2008.

DODD, S.C.; FORSYTH, I.A.; BUTTLE, H.L.; GURR, M.I.; DILS, R.R. Milk whey proteins in plasma of sows – variation with physiological state. **Journal of Dairy Research**, v. 61, p. 21-34. 1994.

DOUGLAS, S. L.; EDWARDS, S. A.; SUTCLIFFE, E.; KNAP, P. W.; KYRIAZAKIS, I. Identification of risk factors associated with poor lifetime growth performance in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 4123–4132. 2013.

DOUGLAS, S. L.; EDWARDS S. A.; KYRIAZAKIS, I. Management strategies to improve the performance of low birth weight pigs to weaning and their long-term consequences. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2280-2288. 2014.

DREW, M.D.; OWENS, B. D. The provision of passive immunity to colostrum-deprived piglets by bovine or porcine serum immunoglobulins. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 68, p. 1277–1284. 1988.

EDER, K.; RAMANAU, A.; KLUGE, H. Effect of L-carnitine supplementation on performance parameters in gilts and sows. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 85, p. 73–80. 2001.

ELLIOT, J. I.; LODGE, G. A. Body composition and glycogen reserves in the neonatal pig during the first 96 hours postpartum. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 57, p. 141–150. 1977.



ENGLISH, J. G. H.; BILKEI, G. The effect of litter size and littermate weight on pre-weaning performance of low-birth-weight piglets that have been crossfostered. **Animal Science**, v. 79, p. 439–443. 2004.

FANGMAN, T. J.; AMASS, S. F. Postpartum care of the sow and neonates. In: YOUNGQUIST, R. S.; THRELFALL, W. R. (Eds). **Current therapy in large animal theriogenology**, 2nd Ed. Saunders, St. Louis, MI. p. 784–788. 2007.

FANGMAN, T. J.; TUBBS, R. C.; BECKER, B. A.; MISFELDT, M. L. Evaluation of segregated early weaning investigating performance, immunology indicators (cd4, cd8), and heard health status. **Journal of Swine Health and Production**, v. 4, p.217–222. 1996.

FARMER, C.; DEVILLERS, N.; ROOKE, J.A.; LE DIVIDICH, J. Colostrum production in swine: from the mammary glands to the piglets. **CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources**, v. 1, n. 6. 2006.

FARMER, C.; ROBERT, S.; RUSHEN, J. Bromocriptine given orally to periparturient or lactating sows inhibits milk production. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 750–7. 1998.

FERRARI, C.V. ; SBARDELLA, P.E. ; BERNARDI, M.L. ; COUTINHO, M.L. ; VAZ, I.S. ; WENTZ, I. ; BORTOLOZZO, F.P. Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 114, p. 259-266, 2014.

FIX, J.S.; CASSADY, J.P.; HERRING, W.O.; HOLL, J.W.; CULLBERTSON, M.S.; SEE, M.T. Effect of piglet birth weight on body weight, growth, backfat, and longissimus muscle area of commercial market swine. **Livestock Science**, v.127, p.51–59. 2010.

FLECKNELL, P. A.;WOOTTON, R.; JOHN, M.; ROYSTON, J. P. Pathological features of intra-uterine growth retardation in the piglet: differential effects on organ weights. **Diagnostic Histopathology**, v. 4, p. 295–298. 1981.

FLUMMER, C.; THEIL, P.K. Effect of  $\beta$ -hydroxy  $\beta$ -methyl butyrate supplementation of sows in late gestation and lactation on sow production of colostrum and milk and piglet performance. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 372-374. 2012.

FOISNET, A.; FARMER, C.; DAVID, C.; QUESNEL, H. Relationships between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 1672-1683. 2010a.

FOISNET, A.; FARMER, C.; DAVID, C.; QUESNEL, H. Altrenogest treatment during late pregnancy did not reduce colostrum yield in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 1684-1693. 2010b.

FOISNET, A.; FARMER, C.; DAVID, C.; QUESNEL, H. Farrowing induction induces transient alterations in prolactin concentrations and colostrum composition in primiparous sows. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3048-3059. 2011.

FOXCROFT, G. R.; DIXON, W. T.; NOVAK, S.; PUTMAN, C. T.; TOWN S. C.; VINSKY, M. D. A. The biological basis for prenatal programming of postnatal performance in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. E105. 2006.

FOXCROFT, G. R.; DIXON, W. T.; DYCK, M. K.; NOVAK, S.; HARDING, J. C. S.; ALMEIDA, F. C. R. L. Prenatal programming of postnatal development in the pig. **In: Control of Reproduction VIII: Proceedings of the Eighth International Conference on Pig Reproduction**, vol. 66, p. 213-231. 2009.

FRASER, D.; RUSHEN, J. Colostrum intake by newborn piglets. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, p. 1-13. 1992.

FRENYÓ, V. L.; PETHES, G.; ANTAL, T.; SZABÓ, I. Changes in colostral and serum IgG content in swine in relation to time. **Veterinary Research Communications**, v. 4 (1), p. 275-282. 1980.

FURTADO, C.S.D.; MELLAGI, A.P.G.; CYPRIANO, C.R.; GAGGINI, T.S.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Influence of birth weight and of oral, umbilical or limb lesions on performance of suckling piglets. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 40 (4), p. 1077. 2012.

GAVA, D.; HEIN, G.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Cuidados com a fêmea desde o período pré-parto até o desmame. In: BORTOLOZZO, F.P.; WENTZ, I. (Eds) **A fêmea suína em lactação**. Porto Alegre: UFRGS, p119 a 160. 2010.

GILBERT, C.L.; GOODE, J.A; MCGRATH, T.J. Pulsatile secretion of oxytocin during parturition in the pig: temporal relationship with fetal expulsion. **Journal of Physiology**, v. 475, p. 129-137. 1994.

GONDRET, F.; LEFAUCHEUR, L.; LOUVEAU, I.; LEBRET, B.; PICHODO, X.; LE COZLER, Y. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity, and muscle histological traits at market weight. **Livestock Production Science**, v.93, p.137–146, 2005.

HARDING, J.C.; AUCKLAND, C.; PATTERSON, J.; FOXCROFT, G.R. Prenatal programming of post-natal health and survival. **Proceedings of Leman Reproductive Workshop: Achieving and exceeding sow production targets**. College of Veterinary Medicine, University of Minnesota, pp 73-82, St. Paul, Minnesota, USA, September 23-26, 2006.

HARTMANN, P.E.; SMITH, N.A.; THOMPSON, C.M.; WAKEFORD, C.M.; ARTHUR, P.G. The lactation cycle in the sow: physiological and management contradictions. **Livestock Production Science**, v. 50, p. 75–87. 1997.

HEIN, G. Comportamento dos leitões e das fêmeas durante as mamadas e desempenho dos leitões quando submetidos a três diferentes manejos de uniformização. 68 f. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2010.

HERPIN, P.; DAMON, M.; LE DIVIDICH, J. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs. **Livestock Production Science**, v. 78, p. 25–45. 2002.

HERPIN, P.; LE DIVIDICH, J.; BERTHON, D.; HULIN, J. Assessment of thermoregulatory and postprandial thermogenesis over the first 24 hours after birth in pigs. **Experimental Physiology**, v. 79, p. 1011-1019. 1994.

HOLMES, M.A.; HARTMANN, P.E. Concentration of citrate in the mammary secretion of sows during lactogenesis II and established lactation. **Journal of Dairy Research**, v. 60, p. 319–26. 1993.

HOULE, V. M.; SCHROEDER, E. A.; ODLE, J.; DONOVAN, S. M. Small intestinal disaccharidase activity and ileal villus height are increased in piglets consuming formula containing recombinant human insulin-like growth factor-I. **Pediatric Research**, v. 42, p. 78–86.1997.

HUGHES, P. E. Postnatal care in pigs. In: M. A. VARLEY, P. E. V.WILLIAMS, and T. L. J. LAWRENCE (Eds) **Neonatal survival and growth**. BSAS Occasional Publication No 15. British Society for Animal Science, Penicuik, UK. p. 149–161. 1992.

HURLEY, W. L. Composition of sow colostrum and milk. In: FARMER, C (Ed). **The gestating and lactating sow**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, p. 193-229. 2015.

HURLEY, W. L.; THEIL, P. K. Perspectives on Immunoglobulins in Colostrum and Milk. **Nutrients**, v. 3, p. 442-474. 2011.

INOUE, T.; KITANO, K.; INOUE, K. Possible factors influencing immunoglobulin G concentration in swine colostrum. **American Journal of Veterinary Research**, v. 42, p. 533–6. 1980.

JACKSON, J.R.; HURLEY, W.L.; EASTER, R.A.; JENSEN, A.H.; ODLE, J., Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1906-1913. 1995.

JACKSON, P. G. G. The incidence of stillbirth in cases of dystocia in sows. **Veterinary Record**, v. 97:411–412. 1975.

JENSEN, A.R.; ELNIF, J.; BURRIN, D.G.; SANGILD, P.T. Development of intestinal immunoglobulin absorption and enzyme activities in neonatal pigs is diet dependent. **Journal of Nutrition**, v. 131, p. 3259-3265. 2001.

JOHANSEN, M.; ALBAN, L.; KJAERSGARD, H. D.; BAEKBO, P. Factors associated with suckling piglet average daily gain. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 63, p. 91–102. 2004.

KELLY, D. Colostrum, growth factors and intestinal development in pigs. In: SOUFFRANT, W. B.; HAGEMEISTER, H. (Eds) **Digestive Physiology in Pigs**, EAAP Publication No.80, Dummerstorf, Germany, p. 151–166.1994.

KIELLY, J.; DEWEY, C.E.; COCHRAN. M. Castration at 3 days of age temporarily slows growth of pigs. **Swine Health Production**, v. 7 p. 151–153. 1999.

KIM, J. H.; HEO, K. N.; ODLE, J.; HAN, I. K.; HARRELL, R. J. Liquid diets accelerate the growth of early-weaned pigs and the effects are maintained to market weight. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 427–434. 2001.

KIRKDEN, R. D.; BROOM, D. M.; ANDERSEN, I. L. INVITED REVIEW: Piglet mortality: Management solutions. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3361-3389. 2013.

KLOBASA, F.; BUTLER, J. E. Absolute and relative concentrations of immunoglobulins G, M and A, and albumin in the lacteal secretions of sows of different lactation numbers. **American Journal of Veterinary Research**, v. 48, p. 176–182. 1987.

KLOBASA, F.; GOEL, M. C.; WERHAHN, E. Comparison of freezing and lyophilizing for preservation of colostrum as a source of immunoglobulins for calves. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 923-926. 1998.

KLOBASA, F.; WERHAHN, E.; BUTLER, J.E. Composition of sow milk during lactation. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1458-1466. 1987.

KLOBASA, F.; WERHAHN, E.; BUTLER, J. E. Regulation of humoral immunity in the piglet by immunoglobulins of maternal origin. **Research in Veterinary Science**, v. 31, p. 195–206. 1981.

KROGH, U.; FLUMMER, C.; JENSEN, S.K.; THEIL, P.K. Colostrum and milk production of sows is affected by dietary conjugated linoleic acid. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 366-368. 2012.

LAWLOR, P. G.; P. B. LYNCH. Management interventions to help keep piglets alive in large litters. **Irish Veterinary Journal**, v. 58, p. 640–645. 2005.

LAY, D. C.; MATTERI, R. L.; CARROLL, J. A.; FANGMAN, T. J.; SAFRANSKI, T. J. Prewaning survival in swine. **Journal of Animal Science**, v. 80 (1), p. 74-86. 2002.

LAY, D.C.; KATTESH JR, H.G.; CUNNICK, J.E.; DANIELS, M.J.; MCMUNN, K.A.; TOSCANO, M.J.; ROBERTS, M.P. Prenatal stress effects on pig development and response to weaning. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1316-1324. 2008.

LECCE, J. G. Glucose milliequivalents eaten by the neonatal pig and cessation of intestinal absorption of large molecules (closure). **Journal of Nutrition**, v. 90, p. 240–244. 1966.

LEE, H. F.; CHIANG, S. H. Energy value of medium-chain triglycerides and their efficacy in improving survival of neonatal pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 133–138. 1994.

LEPINE, A. J.; BOYD, R. D.; WELCH, J. A.; RONEKER, K. R. Effect of colostrum or medium-chain triglyceride supplementation on the pattern of plasma-glucose, non-esterified fatty-acids and survival of neonatal pigs. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 983–990. 1989.

LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P.; PAUL, E.; STRULLU, F. Effect of fat content in colostrum on voluntary colostrum intake and fat utilization in the newborn pig. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 707–712. 1997.

LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P.; ROSARIO-LUDOVINO, R. Utilization of colostrum energy by the newborn pig. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2082–2089. 1994.

LE DIVIDICH, J.; NOBLET, J. Colostrum intake and thermoregulation in the neonatal pig in relation to environmental temperature. **Biology of the Neonate**, v. 40, p. 167–174. 1981.

LE DIVIDICH, J.; ROOKE, J.A.; HERPIN, P. Review: nutritional and immunological importance of colostrum for the newborn pig. **Journal of Agricultural Science**, v. 143, p. 469-485. 2005a.

LE DIVIDICH, J.; THOMAS, F.; RENOULT, H.; OSWALD, I. Acquisition de l'immunité passive chez le porcelet: rôle de la quantité d'immunoglobulines

ingéreesetde la perméabilité intestinale. **Journées de Recherches Porcine**, v. 37, p. 443-448. 2005b.

LONNERDAL, B. Biological effects of novel bovine milk fractions. In: R. A. CLEMENS, O. HERNELL, K. M. MICHAELSEN (Eds) **Milk and Milk Products in Human Nutrition**. Nestle Nutrition Institute Workshop Series Pediatric Program, Marrakech, Marrocos, p. 41–54. 2011.

LUCAS, I. A. M.; LODGE, G. A. The Nutrition of the Young Pig – A Review. **Commonwealth Agricultural Bureaux**, Slough, UK. 1961

MA, L.; XU, R. J. Oral insulin-like growth factor I stimulates intestinal enzyme maturation in newborn rats. **Life Science**, v. 61, p. 51–58.1997

MACHADO, A. P. Fatores que influenciam a produção de colostro em porcas. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

MARTINET, J.; HOUEBINE, L.M. Mammary gland, mammatogenesis, growth factors, lactogenesis. In: MARTINET, J.; HOUEBINE, L.M.; HEAD, H.H. (Eds) **Biology of Lactation**. INRA Publishing, Paris, France, p. 1–27. 1999.

MATEO, C.D.; PETERS, D.N.; STEIN, H.H. Nucleotides in sow colostrum and milk at different stages of lactation. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 1339-1342. 2004.

MELLAGI, A.P.G.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Aspectos fisiológicos e endocrinológicos do parto, puerpério e lactação. In: BORTOLOZZO, F.P.;WENTZ,I. **Suinocultura em ação - A fêmea suína em lactação**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, p. 17-74. 2010.

MICHIELS, J.; DE VOS, M.; MISOTTEN, J.; OVYN, A.; DE SMET, S.; VAN GINNEKEN, C. Maturation of digestive function is retarded and plasma antioxidant capacity lowered in fully weaned low birth weight piglets. **British Journal of Nutrition** v. 3, p. 1–11. 2012.

MILLIGAN, B. N.; FRASER, D.; KRAMER. D. L. Within-litter birth weight variation in the domestic pig and its relation to pre-weaning survival, weight gain, and variation in weaning weights. **Livestock Production Science**, v. 76, p. 181-191. 2002.

MILON, A.; AUMAITRE, A.; LE DIVIDICH, J.; FRANTZ, J.; METZGER, J.J. Influence of birth prematurity on colostrum composition and subsequent immunity of piglets. **Annales de Recherches Veterinaire**, v. 14, p. 533-550. 1983.

MORISE, A.; LOUVEAU, I.; LE HUEROU-LURON, I. Growth and development of adipose tissue and gut and related endocrine status during early growth in the pig: impact of low birth weight. **Animal**, v. 2(1), p. 73–83. 2008.

MORISE, A.; SEVE, B.; MACE, K.; MAGLIOLA, C.; LE HUEROU-LURON, I.; LOUVEAU, I. Growth, body composition and hormonal status of growing pigs exhibiting a normal or small weight at birth and exposed to a neonatal diet enriched in proteins. **British Journal of Nutrition**, v. 105, p. 1471–1479. 2011.

MUSSER, R. E.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; OWEN, K.; NELSSSEN, J. L.; BLUM, S. A.; DRITZ, S. S.; CIVIS, C. A. Effects of L-carnitine fed during gestation and lactation on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 3289–3295. 1999.

MUIRHEAD, M. R.; ALEXANDER, T. J. L. **Managing pig health and the treatment of disease: A reference for the farm**. 5M, Sheffield, UK. 1997.

NGUYEN, D.A.; PARLOW, A.F.; NEVILLE, M.C. Hormonal regulation of tight junction closure in the mouse mammary epithelium during the transition from pregnancy to lactation. **Journal of Endocrinology**, v. 170:347–56. 2001.

ODLE, J.; ZIJLSTRA, R.T.; DONOVAN, S.M. Intestinal effects of milkborne growth factors in neonate of agricultural importance. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2509-2522. 1996.

OTTO, M. A. Produção de colostro e desempenho da leitegada em fêmeas suínas múltíparas submetidas à indução em parto. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

PÁCHA, J. Development of Intestinal Transport Function in Mammals. **Physiological Reviews**, v. 80, p. 1633- 1667. 2000.



PARK, Y. K.; MONACO, M. H.; DONOVAN, S. M. Enteral insulin-like growth factor-I augments intestinal disaccharidase activity in piglets receiving total parenteral nutrition. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 29, p. 198–206. 1999.

PAYNE, L. C.; MARSH, C. L. Absorption of gamma globulin by the small intestine. **Federation Proceedings**, v. 21, p. 909–912. 1962.

PETTIGREW, J. E. Supplemental dietary fat for periparturient sows: a review. **Journal of Animal Science**, v.53 (1) p.107-117. 1981.

PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X. Nutrition of the neonatal pig. In: M. A. VARLEY, (Ed) **The Neonatal Pig: Development and Survival**. CAB Int., Wallingford, UK. p. 187–235. 1995.

PLUSKE, J. R.; PAYNE, H. G.; WILLIAMS, I. H.; MULLEN, B. P. Early feeding for lifetime performance of pigs. **Recent Advances in Animal Nutrition – Australia**, v. 15, p. 171–181. 2005.

QUESNEL, H. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. **Animal**, v. 5, p. 1546-1553. 2011.

QUESNEL, H.; BROSSARD, L.; VALANCOGNE, A.; QUINIOU, N. Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. **Animal**, v. 2 (12), p. 1842–1849. 2008.

QUESNEL, H.; FARMER, C.; DEVILLERS, N. Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. **Livestock Science**, v. 146 (2-3), p. 105-114. 2012.

QUESNEL, H.; FARMER, C.; THEIL, P.K. Colostrum and milk production. In: FARMER, C (ed). **The gestating and lactating sow**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, p. 147-172. 2015.

QUESNEL, H.; GONDRET, F.; MERLOT, E.; LOISEL, F.; FARMER, C. Sow influence on neonatal survival: a special focus on colostrum. In: **Proceedings of Control of Pig Reproduction IX**, p. 117-128. 2013.

QUESNEL, H.; MEUNIER-SALAÜN, M.-C.; HAMARD, A.; GUILLEMET, R.; ETIENNE, M.; FARMER, C.; DOORMAD, J.-Y.; PÈRE, M.-C. Dietary fiber for pregnant sows: Influence on sow physiology and performance during lactation. **Journal Animal Science**, 87:532-543. 2009.

QUINIOU, N.; DAGORN, J.; GAUDRE, D. Variation of piglets' birthweight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, v. 78, p. 63–70. 2002.

RAMANAU, A.; KLUGE, H.; SPILKE, J.; EDER, K. Effects of dietary supplementation of L-carnitine on the reproductive performance of sows in production stocks. **Livestock Science**, v. 113, p. 34–42. 2008

REHFELDT, C.; KUHN, G. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. **Journal Animal Science**, v.84, p.111-123, 2006.

REHFELDT, C.; TUCHSCHERER, A.; HARTUNG, M.; KUHN, G. A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. **Meat Science**, v.78, p.170- 175, 2008.

RODRÍGUEZ-BUENFIL, J. C.; ALLAWAY, C. E.; ALVAREZ-FLEITES, M. J.; SEGURA-CORREA, J. C.; ALZINA- LÓPEZ A. Identificación de los factores asociados a la mortalidad de lechones lactantes en una granja porcina en el estado de Yucatán, México. **Revista Biomédica**, v. 7, p. 147-152. 1996.

ROOKE, J.A.; BLAND, I. M. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. **Livestock Production Science**, v. 78, p. 13–23. 2002.

ROOKE, J.A.; CARRANCA, C.; BLAND , I.M.; SINCLAIR, A.G.; EWEN, M.; BLAND, V.C.; EDWARDS, S.A. Relationships between passive absorption of immunoglobulin G by the piglet and plasma concentrations of immunoglobulin G at weaning. **Livestock Production Science**, v. 81, p. 223–234. 2003.

ROOTWELT, V.; REKSEN, O.; FARSTAD, W; FRAMSTAD, T., Postpartum deaths: piglet, placental, and umbilical characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 2647-2656. 2013.

RUTHERFORD, K. M. D.; BAXTER, E. M. ; D'EATH, R. B. ; TURNER, S. P.; ARNOTT, G.; ROEHE, R.; ASK, B.; SANDØE, P.; MOUSTSEN, V. A.; THORUP, F.; EDWARDS, S. A.; BERG, P.; LAWRENCE, A. B.. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: Biological factors. **Animal Welfare**, v. 22 p. 199–218. 2013.

SANGILD, P.T. Uptake of colostral immunoglobulins by the compromised newborn farm animal. **Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum**, v. 98, p. 105-122. 2003.

SANGILD, P. T.; FOWDEN, A.L.; TRAHAIR, J. F. How does the foetal gastrointestinal tract develop in preparation for enteral nutrition after birth. **Livestock Production Science**, v. 66, p. 141–150. 2000.

SCHINCKEL, A.P; CABRERA, R.; BOYD, R.D.; JUNGS, S.; BOOHER, C.; JOHNSTON, M.; EINSTEIN, M.E. Impact of birth and body weight at twenty days on the postweaning growth of pigs with different weaning management. **The Professional Animal Scientist**, v. 23 p. 197-210, 2007.

SCHOBER, D. A.; SIMMEN, F.A.; HADSELL, D.L.; BAUMRUCKER, C.R. Perinatal expression of type I IGF receptors in porcine small intestine. **Endocrinology**, v.126, p. 1125–1132. 1990.

SMITH, N.A.; TOUSSAINT, J.K.; HARTMANN, P.E. Peaks in the sow's intramammary pressure occur immediately after rather than either just before or at piglet delivery. In: BATTERHAM, E.S. (Org.). **Manipulating pig production**. Werribee: Ed. Australasian Pig Science Association, p.75. 1991.

STIRLING, C.M.; CHARLESTON, B.; TAKAMATSU, H.; CLAYPOOL, S.; LENCER, W.; BLUMBERG, R.S.; WILEMAN, T.E. Characterization of the porcine neonatal fc receptor-potential use for trans-epithelial protein delivery. **Immunology**, v.114 n(4), p. 542-53. 2005.

SVENDSEN, J.; WESTRÖM, B.R.; OLSSON,A.C.H. Intestinal macromolecular transmission in newborn pigs: implications for management of neonatal pig survival and health. **Livestock Production Science**, v. 97, p.183–191. 2005.

SVENDSEN, L. S.; WESTRÖM, B. R.; SVENDSEN, J.; OHLSSON, B. G.; EKMAN, R.; KARLSSON, B. W. Insulin involvement in intestinal macromolecular transmission

and closure in neonatal pigs. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v; 5, p. 299–304. 1986.

THEIL, P.K. Transition feeding of sows. In: FARMER, C. **The gestating and lactating sow**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, p. 147-172, 2015.

THEIL, P.K., LAURIDSEN, C.; QUESNEL, H. Neonatal piglet survival: Impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. **Animal**, v. 8, p. 1021-1030. 2014.

TIZARD, I. R. Imunidade do feto e no recém-nascido. In: TIZARD, I. R. **Imunologia veterinária: uma introdução**, 8th ed, p. 231 – 246, Editora Elsevier, Rio de Janeiro, 2009.

TOWN, S.; PUTMAN, C.; TURCHINSKY, J. Number of conceptuses in utero affects porcine fetal muscle development. **Reproduction**, v.128, p.443-454. 2004.

TUBOLY, S.; BERNATH, S.; GLAVITS, R.; MEDVECZKY, I. Intestinal absorption of colostrum lymphoid cells in newborn piglets. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 20, p. 75–85. 1988.

TUCKER, H.A. Physiological control of mammary growth, lactogenesis, and lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 64, p. 1403-1421, 1981.

VALLET, J.L.; MILES, J.R.; FREKING, B.A. Development of the pig placenta. **Society of Reproduction and Fertility**, v.66, p.265-279. 2009.

VRBANAC, I.; BALENOVIĆ,T.; YAMMINE, R.; VALPOTIĆ, I.; KRSNIK, B. Prewaning losses of piglets on a state farm in Bosnia and Herzegovina. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 24(1), p. 23–30. 1995.

WANG, J.; CHEN, L.; LI, D.; YIN, Y.; WANG, X.; LI, P.; DANGOTT, L. J.; HU, W.; WU, G. Intrauterine growth restriction affects the proteomes of the small intestine, liver, and skeletal muscle in newborn pigs. **Journal of Nutrition**, v. 138, p. 60–66. 2008.

WANG, X. Q.; WU, W. Z.; LIN, G.; LI, D. F.; WU, G. Y.; WANG, J. J. Temporal proteomic analysis reveals continuous impairment of intestinal development in neonatal piglets with intrauterine growth restriction. **Journal of Proteome Research**, v. 9, p. 924–935. 2010.

WEARY, D.M.; FRASER, D. Partial tooth clipping of suckling pigs: effects on neonatal competitions and facial injuries. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 65, p. 21–27. 1999.

WERHAHN, E.; KLOBASA, F.; BUTLER, J. E. Investigation of some factors which influence the absorption of IgG by the neonatal piglet. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 2, p. 35–51. 1981.

WOLTER, B. F.; ELLIS, M.; CORRIGAN, B. P.; DE- DECKER, J. M. The effect of birth weight and feeding of supplemental milk replacer to piglets during lactation on preweaning and postweaning growth performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 301–308. 2002.

WIDDOWSON, E.M. Development of the digestive system: comparative animal studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 41(2), p. 384–390. 1985.

WILLCOX, D.L.; ARTHUR, P.G.; HARTMANN, P.E.; WHITELY, J.L. Perinatal changes in plasma oestradiol-17B, cortisol and progesterone and the initiation of lactation in sows. **Australian Journal of Biological Science**, v.36, p. 173–81. 1983.

WILLIAMS, P.P. Immunomodulating effects of intestinal absorbed maternal colostral leukocytes by neonatal pigs. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 57, p. 1–8. 1993.

WU, G.; BAZER, F.W.; DATTA, S.; JOHNSON, G.A.; LI, P.; SATTERFIELD, M.C.; SPENCER, T.E. Proline metabolism in the conceptus: Implications for fetal growth and development. **Amino Acids**, v.35, p.691-702, 2008.

WU, G.; BAZER, F.W.; WALLACE, J.M.; SPENCER, T.E. Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. **Journal of Animal Science**, v.84, p. 2316-2337. 2006.

WU, G.; KNABE, D.A. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrum and milk. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 415-424. 1994.

WU, G.; OTT; T. L.; KNABE, D.A.; BAZER, F. W. Amino acid composition of the fetal pig. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 1031–1038. 1999.

XU,R.J. Development of the newborn GI tract and its relation to colostrum milk intake: a review. **Reproduction, Fertility and Development**, 8, p. 35–48. 1996.

XU, R.J.; MELLOR, D.J.; BIRTLES, M.J.; REYNOLDS, G.W.; SIMPSON, H.V. Impact of intrauterine growth retardation on the gastrointestinal tract and the pancreas in newborn pigs. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v.18, p.231-240, 1994.

XU, R.J.; SANGILD, P.T.; ZHANG, Y.Q.; ZHANG S.H. Bioactive compounds in porcine colostrum and milk and their effects on intestinal development in neonatal pigs. In: ZABIELSKI, R.; GREGORY, P.C.; WESTROM, B. (ed). **Biology of the intestine in Growing Animals**, p. 169-192, Editora Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 2002.

XU, R.J.; WANG, F.; ZHANG, S.H. Postnatal adaptation of the gastrointestinal tract in neonatal pigs: a possible role of milk-borne growth factors. **Livestock Production Science**, v. 66, p. 95–107, 2000.

YAN, W.; WILEY, A.A.; BATHGATE, A.D.; FRANKSHUN, A.L.; LASANO, S.; CREAN, B.D.; STEINETZ, B.G.; BAGNELL, C.A.; BARTOL, F.F. Expression of LGR7 and LGR8 by neonatal porcine uterine tissues and transmission of milk-borne relaxin into the neonatal circulation by suckling. **Endocrinology**, v. 147, p. 4303-4310. 2006.