



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

**“EFEITO DO PESO AO NASCER E INGESTÃO DE COLOSTRO NA
MORTALIDADE E DESEMPENHO DE LEITÕES APÓS A UNIFORMIZAÇÃO EM
FÊMEAS DE DIFERENTES ORDENS DE PARIÇÃO”**

CRISTINA VICENTE FERRARI

PORTO ALEGRE

2013

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

**“EFEITO DO PESO AO NASCER E INGESTÃO DE COLOSTRO NA
MORTALIDADE E DESEMPENHO DE LEITÕES APÓS A UNIFORMIZAÇÃO EM
FÊMEAS DE DIFERENTES ORDENS DE PARIÇÃO”**

Autor: Cristina Vicente Ferrari

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

Orientador: Ivo Wentz

PORTO ALEGRE

2013

Cristina Vicente Ferrari

“EFEITO DO PESO AO NASCER E INGESTÃO DE COLOSTRO NA MORTALIDADE E
DESEMPENHO DE LEITÕES APÓS A UNIFORMIZAÇÃO EM FÊMEAS DE
DIFERENTES ORDENS DE PARIÇÃO”

Aprovado em 15 de Julho de 2013

APROVADO POR:

Prof. Dr. Ivo Wentz

Orientador e Presidente da Comissão

Ana Paula Gonçalves Mellagi

Membro da Comissão

Luciano Trevizan

Membro da Comissão

Rui Fernando Félix Lopes

Membro da Comissão

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado todas as minhas decisões e me dado forças para não desistir frente às dificuldades.

Aos meus pais, Ari e Estelamaris, que não mediram esforços para que eu recebesse uma educação de qualidade e por sempre terem me incentivado a lutar pelos meus objetivos. Agradeço também pelo amor que cada um deu da melhor forma que pode. A constante luta para ser alguém melhor faz parte de mim, mas também faço para que a cada dia vocês tenham mais orgulho da filha que têm.

Ao meu irmão Ari, por todas as palavras de incentivo e pelos telefonemas que me alegraram quando eu estava triste. Por todo amor e carinho que sempre teve por mim. Você é o melhor irmão que eu poderia ter.

Ao Pedro, pela amizade, companheirismo, amor e paciência. A sua ajuda foi fundamental para mais esta conquista em minha vida.

Aos professores Ivo e Fernando, agradeço por terem me dado a oportunidade de fazer parte do setor de suínos. Agradeço também pela orientação, ensinamentos, exemplo de ética profissional e amizade.

A professora Mari Lourdes, pela amizade, paciência, bom humor e essencial ajuda na análise estatística e revisão do artigo.

Ao professor David pelos ensinamentos transmitidos de forma “sensacional”.

Aos colegas da Pós-graduação pela amizade e pelos conhecimentos compartilhados. Em especial agradeço a Thais, Natalha, Diogo Magnabosco, Maria Clara e Karine.

Aos estagiários e bolsistas do Setor de Suínos pela ajuda sempre que necessária.

À Master Genética Animal pela oportunidade e confiança no desenvolvimento deste trabalho em suas instalações. Ao gerente Leonardo por toda ajuda e amizade, e todos os funcionários da Granja São Roque I que sempre colaboraram na execução do trabalho.

À Agrocere PIC pelo apoio financeiro.

Aos membros do PPGCV da UFRGS.

À UFRGS pelo ensino gratuito e de qualidade.

RESUMO

EFEITO DO PESO AO NASCER E INGESTÃO DE COLOSTRO NA MORTALIDADE E DESEMPENHO DE LEITÕES APÓS A UNIFORMIZAÇÃO EM FÊMEAS DE DIFERENTES ORDENS DE PARIÇÃO

Autor: Cristina Vicente Ferrari

Orientador: Prof. Ivo Wentz

Co-orientador: Prof. Fernando Pandolfo Bortolozzo

Prof^a Mari Lourdes Bernardi

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do peso ao nascer e ingestão de colostro na mortalidade e desempenho dos leitões levando em conta a ordem de parto das mães biológicas e adotivas. A ingestão de colostro do nascimento até as 24 horas de vida foi estimada em 300 leitões de primíparas e 300 leitões de múltíparas através de pesagem ao nascimento e as 24 h de vida. Estes leitões foram uniformizados em 25 primíparas e 25 múltíparas com $25,9 \pm 0,09$ h após o nascimento. A concentração de imunoglobulina G (IgG) no soro foi determinada nas fêmeas após o final do parto e nos leitões antes da uniformização (24 h após o parto), aos 10 e 20 dias de vida. Leitões de primíparas consumiram menos colostro ($P= 0,0027$) que leitões de múltíparas, mas a concentração de IgG no soro dos leitões as 24 h de vida foi semelhante ($P> 0,05$). O risco de mortalidade até 42 dias de vida não foi afetado pela ordem de parto das mães biológicas ou adotivas ($P> 0,05$). Maior chance de mortalidade foi observada em leitões de baixo (LW - 1.10–1.2 kg) e intermediário (IW - >1.2 –1.3 kg) peso ao nascer que consumiram ≤ 150 g de colostro comparados a leitões pesados (HW - >1.3 kg) que consumiram >250 g de colostro. Leitões HW tiveram maior peso aos 20, 28 e 42 dias de vida ($P< 0,05$) que leitões LW, mesmo quando consumiram a mesma quantidade de colostro. A ordem de parto da mãe biológica não teve efeito no desempenho dos leitões até 42 dias de vida ($P>0,05$). Leitões amamentados por múltíparas tiveram maior peso que aqueles amamentados por primíparas. Leitões que morreram até 42 dias de vida tinham menor ($P< 0,05$) peso ao nascer, ingestão de colostro e IgG no soro as 24 h de vida comparados com leitões que sobreviveram, e estes menores valores foram também observados em leitões com baixo desempenho (<9.5 kg) comparados com leitões de alto desempenho (>9.5 kg). Não houve diferença entre IgG no soro aos 10 e 20 dias de vida ($P= 0,3461$) entre leitões com baixo e alto desempenho. Em conclusão, leitões LW são mais dependentes da ingestão de colostro que leitões HW para assegurar a sua sobrevivência e melhor desempenho até os 42 dias de vida. A sobrevivência e o crescimento não são afetados pela ordem de parto das mães biológicas, enquanto que leitões amamentados por fêmeas múltíparas possuem melhor desenvolvimento que aqueles amamentados por fêmeas primíparas.

Palavras chave: Ingestão de colostro, uniformização, taxa de crescimento, imunoglobulina G, leitão, ganho de peso.

ABSTRACT

EFFECT OF BIRTH WEIGHT AND COLOSTRUM INTAKE ON MORTALITY AND PERFORMANCE OF PIGLETS AFTER CROSS-FOSTERING IN SOWS OF DIFFERENT PARITIES

Author: Cristina Vicente Ferrari

Advisor: Prof.Ivo Wentz

Co-advisor: Prof.Fernando Pandolfo Bortolozzo

Prof. Mari Lourdes Bernardi

The objective of this study was to evaluate the effect of the birth weight and colostrum intake on mortality and growth performance of piglets until 42 days of age, also taking into account the parity order of the biological and foster dams. Colostrum intake from birth to 24 h after birth was estimated in 300 piglets each from primiparous and multiparous dams by weighing at birth and 24 h of age. These piglets were then cross-fostered in 25 primiparous and 25 multiparous sows at 25.9 ± 0.09 h after farrowing. The concentration of serum immunoglobulin G (IgG) was determined in the sows after the end of farrowing and in the piglets before cross-fostering (24 h after farrowing), at 10 and 20 days of age. Piglets from primiparous consumed less colostrum ($P < 0.003$) than piglets from multiparous dams, but their serum IgG concentrations at 24 h after birth were similar ($P > 0.05$). The risk of mortality until 42 days of age was not affected by the parity order of biological or foster dams ($P > 0.05$). Higher odds of mortality were observed in piglets of low (LW - 1.10–1.2 kg) and intermediate (IW - >1.2–1.3 kg) birth weight that consumed ≤ 150 g of colostrum compared to heavy piglets (HW - >1.3 kg) that consumed > 250 g colostrum. HW piglets at birth had higher weight at 20, 28 and 42 days of age ($P < 0.05$) than LW piglets at birth, even when consuming the same amount of colostrum. The parity order of the biological dam had no effect on the performance of piglets until 42 days of age ($P > 0.05$). Piglets suckled by multiparous foster dams showed higher weight than those suckled by primiparous sows. Piglets that died before 42 days of age had lower ($P < 0.05$) birth weight, colostrum intake and serum IgG at 24 h after birth compared to surviving piglets, and these lower values were also observed in piglets with low (< 9.5 kg) performance compared to high (> 9.5 kg) performance piglets. There were no differences in serum IgG concentrations at 10 and 20 days of age ($P = 0.346$) between high and low performance piglets. In conclusion, LW piglets are more dependent on colostrum intake than HW piglets to assure higher survival and better development up to 42 days of age. Survival and growth are not affected by the parity order of the biological dam, whereas piglets suckled by multiparous sows have better development than those suckled by primiparous sows.

Keywords: colostrum intake, cross-fostering, growth rate, immunoglobulin G, piglet, weight gain

LISTA DE TABELAS DO ARTIGO CIENTÍFICO

Table 1. Odds ratio (OR) of mortality or low performance of piglets until 42 days of age according to colostrum intake and birth weight (groups), and parity order of biological and foster dams.....	45
Table 2. Weight of piglets (kg) until 42 days of age according to birth weight and colostrum intake (LSmeans \pm SEM).	46

LISTA DE FIGURAS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1: Variação na concentração de imunoglobulinas no colostro e leite das porcas até os 42 dias de lactação..... 14
- Figura 2: Relação entre ingestão de colostro e concentração de IgG no plasma dos leitões 24 horas após o início do parto (círculos pretos indicam leitões que estavam vivos ao desmame e quadrados brancos representam leitões que morreram entre 24 horas de vida e o desmame). 17
- Figura 3: Ganho de peso da leitegada e estimativa da produção de colostro durante 24 horas *post partum*. 19
- Figura 4: Efeito da ordem de parto na concentração de IgG no colostro coletado no início do parto (T0) e 24 horas após (T24) em 56 fêmeas Landrace X Large White. 21

LISTA DE FIGURAS DO ARTIGO CIENTÍFICO

- Figure 1: Mortality of piglets until 42 days of age according to birth weight and colostrum intake. White circles represent piglets that were still alive at 42 days of age and black circles represent piglets that died between 24 h after birth and 42 days of age. 43
- Figure 2: Mortality of piglets until 42 days of age according to classes of birth weight (A) and colostrum intake (B). The numbers of piglets in each class are shown within columns. 44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. Influência do peso ao nascer na mortalidade e desempenho dos leitões	11
2.2. Importância do colostro para os leitões	12
2.2.1. Aspectos imunológicos relacionados ao colostro	12
2.2.2. Ingestão de colostro	15
2.2.3 Produção de colostro	18
2.3. Uniformização de leitegadas.....	19
2.3.1 Período para uniformização	19
2.3.2 Número e tamanho dos leitões	20
2.3.3 Ordem de parto da mãe biológica x adotiva	21
3. ARTIGO CIENTÍFICO.....	23
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

A intensa seleção para fêmeas hiperprolíficas nos últimos anos resultou no aumento do tamanho da leitegada, porém não houve mudanças relacionadas ao espaço uterino e eficiência placentária. Desta forma, o desenvolvimento fetal foi comprometido, resultando em uma heterogeneidade no peso ao nascer dentro da leitegada, conseqüentemente, aumentando o número de leitões com baixo peso (Quiniou et al., 2002). Atualmente, os quilogramas de leitões desmamados/porca/ano é o índice de produtividade da granja que vem ganhando maior importância, assim, não somente a quantidade, mas a qualidade dos leitões desmamados é levada em consideração.

A mortalidade neonatal é umas das principais causas de perdas no período lactacional e momento mais crítico são as primeiras 24 horas de vida do leitão (Quesnel et al., 2012), sendo que leitões com baixo peso ao nascer possuem menores chances de sobrevivência e menor desempenho até o abate (Quiniou et al., 2002; Fix et al., 2010b). De acordo com KilBride et al. (2012), 84% da mortalidade pré-desmame ocorre na primeira semana de vida dos leitões, sendo que 28% destas mortes ocorrem nas primeiras 24 horas de vida.. Baixo peso ao nascer, inanição, esmagamento de leitões doentes e diarreia estão entre as principais causas de mortes na maternidade, representando respectivamente, 14%, 7%, 5% e 4% da mortalidade (KilBride et al., 2012; Fix et al., 2010b). A não ingestão ou o consumo de quantidade insuficiente de colostro leva à inanição predispondo os leitões à hipotermia, ao esmagamento e à ocorrência de diarreia. Sendo assim, a adequada ingestão de colostro reduz as mortes na maternidade e diminui as perdas para o sistema produtivo.

O colostro fornece aos leitões imunidade passiva necessária para a sua proteção (Rooke & Bland, 2002), energia necessária para a termorregulação e desenvolvimento (Herpin et al., 2002; Le Dividich et al., 2005) e fatores de crescimento que estimulam o crescimento e maturação intestinal (Xu et al., 2000). Dentre as imunoglobulinas presentes no colostro, a imunoglobulina G (IgG) encontra-se em maior quantidade, representando cerca de 75% do total de imunoglobulinas (Klobasa & Butler, 1987). Porém a quantidade de IgG no colostro diminui rapidamente nas primeiras 24 horas após o parto, portanto o leitão deve mamar o colostro logo após o nascimento para que não fique muito tempo exposto à microbiota sem a devida proteção. De acordo com Devillers et al. (2011) a ingestão de 200 g de colostro em 24 horas após o nascimento é a quantidade mínima para fornecer imunidade passiva, reduzir o risco de morte antes do desmame e permitir um bom crescimento dos

leitões. No entanto há dúvidas se esta quantidade é suficiente para garantir a sobrevivência e desempenho tanto de leitões leves como de leitões pesados ao nascer.

Leitões de primíparas possuem menor peso ao nascer que leitões de multíparas (Carney-Hinkle et al., 2013), além disso leitões amamentados em fêmeas de ordem de parto 5 possuem um melhor desempenho do que leitões amamentados em primíparas, independente de serem adotados ou filhos biológicos (Bierhals et al., 2011). Porém, há questionamentos sobre a influência do peso ao nascer e ingestão de colostro na mortalidade e desempenho tanto em leitões filhos de primíparas quanto em filhos de multíparas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a quantidade de colostro ingerido de acordo com classes de peso ao nascer e o efeito na sobrevivência e desempenho dos leitões, de acordo com a ordem de parto da mãe biológica, após a uniformização entre fêmeas de ordem de parto 1 e fêmeas de ordem de parto 4, 5 e 6.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Influência do peso ao nascer na mortalidade e desempenho dos leitões

O peso ao nascer é considerado um dos principais fatores que afetam a sobrevivência dos leitões, bem como no seu desempenho até o abate (Quiniou et al., 2002; Fix et al., 2010b). Alguns fatores podem influenciar o peso ao nascimento dos leitões, como hiperprolificidade (Milligan et al., 2002), capacidade uterina (Bérard et al., 2010), eficiência placentária (Baxter et al., 2008), restrição do crescimento intra-uterino (Dhakal et al., 2013) e a nutrição da fêmea durante a gestação (Close & Cole, 2001). O avanço genético possibilitou um aumento no número de leitões nascidos/fêmea/ano, porém este aumento veio acompanhado de problemas relacionados a redução do peso médio ao nascer e aumento na variação de peso da leitegada (Quiniou et al., 2002). Embora exista uma correlação negativa entre tamanho de leitegada e peso ao nascer, de acordo com Knol et al. (2010) o peso ao nascer é pouco explicado pelo tamanho da leitegada ($R^2=0,2437$).

De acordo com Quiniou et al. (2002) leitões com média de peso ao nascer inferior a 1,0 kg possuem menor chance de sobrevivência. Furtado et al. (2012) observaram que leitões que nasceram com 600 a 1200 g apresentavam maior mortalidade ($P < 0,05$) pré-desmame comparados a leitões pesados ao nascer, sendo que leitões com menos de 900 g representaram 25,3% das mortes na maternidade. Segundo Quiniou et al. (2002) 85% dos leitões que nasceram com menos de 600 g morrem até o desmame. Os leitões leves ao nascer possuem uma maior superfície corporal em relação ao seu peso, e possuem menor reserva energética (Herpin et al., 2002), representando maior sensibilidade ao frio. Panzardi et al. (2013) observaram que a temperatura corporal do leitão as 24 horas após o nascimento pode ser um indicador de sobrevivência na primeira semana de vida. Os autores encontraram uma associação entre peso ao nascer e temperatura dos leitões às 24 horas, sendo que 46% dos leitões com peso ao nascer menor que 1,275 g apresentavam temperatura corporal menor que 38,1 °C. Além de sofrerem com a hipotermia, estes leitões leves demoram mais tempo para realizar a primeira mamada apresentando um maior risco para hipoglicemia.

O peso ao nascer além de ser indicador de mortalidade, também está relacionado ao desempenho de leitões durante as fases de crescimento (Milligan et al., 2002; Fix et al., 2010a, Panzardi et al., 2013). Furtado et al. (2012) classificaram os leitões de acordo com o peso ao nascimento em 6 classes (>600-900 g; >900-1200 g; >1200-1500 g; >1500-1800 g; >1800-2100 g e >2100 g) e observaram diferença ($P < 0,05$) de peso aos 7, 14, e 21 dias de

vida entre os leitões em todas as classes de peso ao nascer. Além disso, os autores também observaram uma correlação positiva ($r=0,515$) entre o peso ao nascer e o peso ao desmame, sendo que cada grama a mais no peso ao nascimento representou 2 g a mais no peso ao desmame. Ao comparar leitões com até 900 g e maior que 2,1 kg de peso ao nascer, Furtado et al. (2012) observaram que leitões com 2,1 kg apresentavam 3 kg a mais no peso ao desmame comparados a leitões que nasceram com menos de 900 g. No estudo realizado por Quiniou et al. (2002) a diferença de peso entre o leitão mais leve e mais pesado foi 5,4 kg ao desmame e 11,9 kg aos 63 dias de idade, demonstrando o efeito multiplicador do peso.

Os leitões com baixo peso ao nascer possuem restrições quanto a termorregulação (Herpin et al., 2002), ingestão de colostro (Fraser & Rushen, 1992; Devillers et al., 2011) e sobrevivência (Quiniou et al., 2002; Furtado et al., 2012). Mesmo que resistam aos primeiros dias de vida, eles podem ter um baixo desenvolvimento por não terem a capacidade de competir com leitões maiores pelos melhores tetos (Rooke & Bland, 2002; Le Dividich et al., 2005). Porém estes leitões podem ter maiores chances de sobrevivência e desenvolvimento se receberem alguns cuidados especiais, como: auxílio nas primeiras mamadas, passarem pelo manejo 40x20, fornecimento de colostro e leite e aquecimento adequado (Heck, 2007).

2.2. Importância do colostro para os leitões

2.2.1. Aspectos imunológicos relacionados ao colostro

A espécie suína possui uma placenta do tipo epiteliocorial difusa, o que impede a passagem de macromoléculas para os fetos, desta forma, os leitões nascem sem imunoglobulinas (Bourne et al., 1978; Bland et al., 2003). Sendo assim, o colostro assume importante papel para os leitões, pois é a principal fonte de proteção imunológica (Rooke & Bland, 2002; Salmon et al., 2009), além de fornecer proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais (Darragh & Moughan, 1998), leucócitos e fator estimulante semelhante a insulina 1 e 2 (IGF1e IGF2, respectivamente), fator de crescimento epidérmico (EGF) que aceleram o crescimento e a maturação intestinal (Xu et al., 2000) e auxiliar na termorregulação (Herpin et al., 2002; Quesnel, 2011b).

O colostro é a primeira secreção produzida pelas glândulas mamárias, é rico em imunoglobulinas, sendo que estas representam 63,6% do total de proteínas presentes no colostro (Porter, 1969). Dentre as imunoglobulinas presentes no colostro, a imunoglobulina G (IgG) representa a maior concentração (Porter, 1969; Klobasa & Butler, 1987; Ariza-Nieto et al., 2011), cerca de 75% (68% a 87%) do total de imunoglobulinas (Klobasa & Butler, 1987).

A IgG é a imunoglobulina encontrada em maior concentração no sangue, sendo fundamental nos mecanismos de defesa mediados por anticorpos. A IgG possui duas cadeias leves e duas cadeias pesadas, e seu peso molecular é de 180 kDa (Tizard, 2008). Por ser a menor das moléculas de imunoglobulinas, ela pode sair dos vasos sanguíneos com maior facilidade para participar das defesas do organismo. Toda IgG presente no colostro é oriunda do soro materno (Bourne & Curtis, 1973). A transferência de IgG para a glândula mamária ocorre durante o processo de formação do colostro e segundo Schnulle & Hurley (2003), esta transferência é mediada por receptores chamados FcRn. De acordo com Klopfenstein et al. (2006), ao longo da gestação as junções entre as células epiteliais mamárias estão abertas permitindo a passagem de imunoglobulinas para o lúmen dos alvéolos, sendo que o fechamento destas junções determina a passagem da fase colostrálica para a fase de produção de leite.

Vários trabalhos citam diferentes momentos em que ocorre a diminuição de IgG no colostro. Segundo Bland et al. (2003), a concentração de IgG diminuiu rapidamente durante as primeiras 24 horas após o parto. De acordo com Klobasa et al. (1987) a concentração de IgG no colostro diminuiu rapidamente podendo ter redução de 30% em 6 horas após o início do parto. Quesnel (2011a), ao avaliar a quantidade de IgG no colostro de 72 fêmeas de várias ordens de parto, observou que, em 15% das porcas a concentração de IgG diminuiu 50% ou menos em 24 horas, sugerindo que a produção de colostro pode se estender por mais de 24 horas. No decorrer da lactação a quantidade de IgA torna-se a imunoglobulina em maior concentração no leite, fornecendo proteção local já que inibe a fixação de bactérias aos enterócitos (Blecha, 1998). A concentração das imunoglobulinas no colostro e leite durante a lactação está demonstrada na figura 1.

É importante que os leitões consumam colostro logo após o nascimento, pois quanto maior for o período entre o nascimento e a primeira mamada, eles estarão mais expostos a microbiota sem a devida proteção. Além da quantidade de imunoglobulinas transmitidas pela mãe através do colostro diminuir muito nas primeiras 24 horas após o parto, a máxima absorção de imunoglobulinas ocorre somente nas primeiras 12 horas de vida, chegando a valores nulos em 24 a 36 horas (Klobasa et al., 1987; Rooke et al., 2003; Cabrera et al., 2013). Neste momento ocorre o processo conhecido como “fechamento intestinal”, ou seja, os enterócitos cessam a transferência de macromoléculas pelo intestino delgado, dificultando a absorção de imunoglobulinas (Lecce, 1966; Ekstrom & Westrom, 1991; Svendsen et al., 2005).

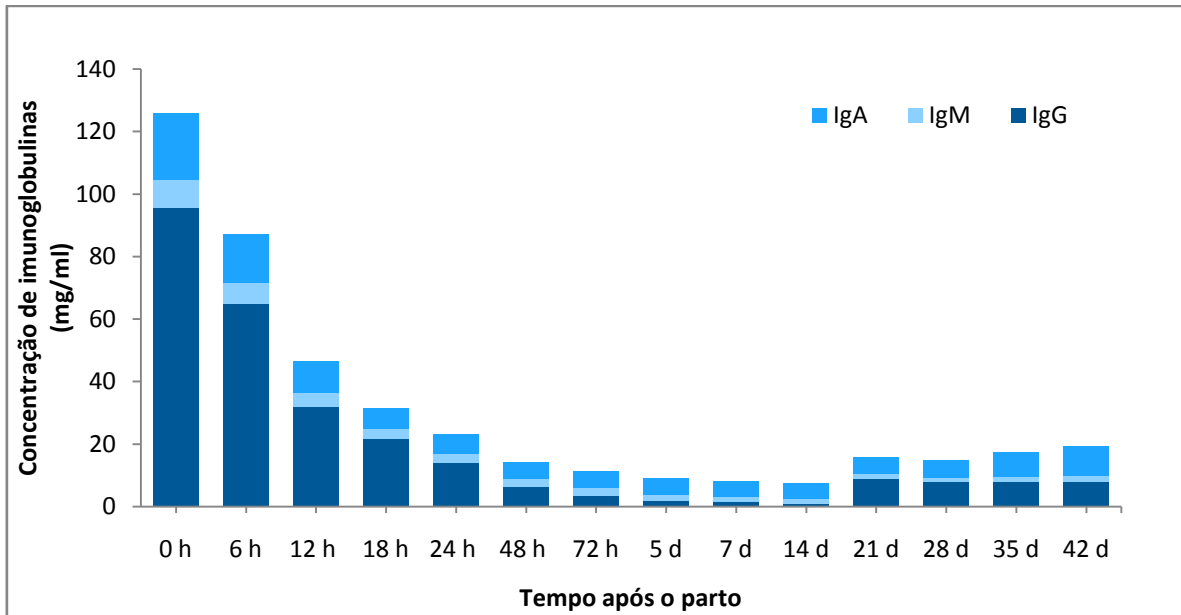


Figura 1: Variação na concentração de imunoglobulinas no colostro e leite das porcas até os 42 dias de lactação.

Fonte: Adaptado de Klobasa et al., 1987.

A quantidade de IgG presente no colostro varia muito na espécie suína. Bland et al. (2003) avaliaram a concentração de IgG no colostro de multíparas e encontraram uma média de 61 mg/ml no início do parto (T0) e 9 mg/ml de IgG 24 horas após o início do parto (T24). Foisnet et al. (2010) encontraram no colostro de primíparas, uma média de $74,2 \pm 6,1$ mg/ml no T0 e $13,9 \pm 3,2$ mg/ml no T24, sendo que em até 6 horas após o início do parto houve uma diminuição de 23% na concentração de IgG. Quesnel (2011a) avaliou a quantidade de IgG em fêmeas de diferentes ordens de partos sendo que a média de IgG no T0 foi $62,3 \pm 20,1$ mg/ml e no T24 foi $16,8 \pm 9,7$ mg/ml.

De acordo com Farmer & Quesnel (2009), a concentração de imunoglobulinas no colostro varia com o genótipo. Inoue et al. (1980) ao avaliarem a quantidade de IgG no colostro de 157 amostras coletadas de animais de diferentes granjas antes dos leitões mamarem o colostro, observaram grande variação na concentração de IgG, com média de 53,03 mg/ml (11,74 a 101,39 mg/ml). Embora os autores não apresentem os valores, eles encontraram menor concentração de IgG em fêmeas Hampshire, Large White e Landrace x Large White. Quesnel (2011a) também encontrou diferenças na concentração de IgG no T0 ao comparar 2 genéticas, sendo que as fêmeas Large White apresentaram maior quantidade de IgG ($71,7 \pm 7,2$ mg/ml) que fêmeas Landrace X Large White ($59,6 \pm 2,4$ mg/ml).

A correlação entre concentração de IgG no colostro e diferentes grupos de tetos é fraca (Inoue et al., 1980). Porém em um estudo realizado por Klobasa & Butler (1987), os autores observaram que os tetos localizados cranialmente apresentam uma tendência a ter menor

concentração de IgG que os tetos médios e especialmente caudais. Em contrapartida Wu et al. (2010) encontraram que a concentração de IgG no colostro de tetos anteriores foi maior que a dos tetos posteriores. Heim et al. (2011) imunizaram fêmeas aos 70 e 100 dias de gestação com 2 ml e 1 ml, respectivamente, com anti-BSA (albumina sérica bovina) e coletaram 3 ml de colostro de cada grupo de tetos (peitorais, abdominais e torácicos) no parto e 24 horas após o parto. Os autores observaram que não houve diferença na densidade óptica de IgG no colostro entre os grupos de tetos. Embora possam existir diferenças na concentração de IgG nos diferentes tetos, de acordo com Robert & Martineau (2001) é somente a partir das 24 horas de vida que os leitões iniciam o estabelecimento da ordem de tetos, sendo que no primeiro dia de vida eles irão mamar nos tetos onde houver colostro disponível.

2.2.2. *Ingestão de colostro*

O ganho de peso da leitegada durante as primeiras 24 horas de vida é um bom indicador da quantidade de colostro consumida pelo leitão e, conseqüentemente, produzida pela porca (Le Dividich et al., 2005). Quando o colostro está disponível em quantidade ilimitada, o consumo nas primeiras 24 horas de vida equivale a 450 g/kg de peso vivo, sugerindo que a capacidade de ingestão do leitão é muito alta ao nascer e poderia compensar a limitada reserva de energia (Le Dividich et al., 1997).

Bland et al. (2003) estimaram o consumo de colostro através da técnica denominada “pesar-mamar-pesar”, onde os leitões eram colocados em caixas forradas com papel toalha para que a urina e fezes ficassem retidas e então pudessem ser utilizadas como fatores de correção. Porém devido à complexidade da aplicação desta técnica a campo e em grande número de animais, Devillers et al. (2004) criaram uma equação com o objetivo de estimar a quantidade de colostro consumida baseada no ganho de peso do leitão nas primeiras 24 horas de vida. A fórmula é a seguinte:

$$CI = -217,4 + 0,217 \times t + 1861 \, 019 \times BW/t + BW_B \times (54,80 - 1 \, 861 \, 019/t) \times (0,9985 - 3,7 \times 10^{-4} \times t_{FS} + 6,1 \times 10^{-7} \times t_{FS}^2)$$

onde: CI = corresponde a quantidade de colostro consumida (g), t = tempo entre o nascimento e a pesagem (min), t_{FS} = tempo entre o nascimento e a primeira mamada (min), BW = peso atual (kg) e BW_B = peso ao nascer (kg). Ainda de acordo com Devillers et al. (2007) para o cálculo, pode-se considerar como intervalo entre o nascimento e a primeira mamada o tempo de 30 minutos.

Devillers et al. (2011) observaram que quando os leitões ingeriram mais que 200g de colostro em 24 horas de vida, a taxa de mortalidade pré-desmame foi 7,1%, porém quando a ingestão de colostro foi menor que 200 g a mortalidade na maternidade chegou a 43,4%. Assim, os autores concluíram que a ingestão de 200 g de colostro em 24 horas após o nascimento é a quantidade mínima para fornecer imunidade passiva e reduzir o risco de morte antes do desmame. A ingestão de menos que 200 g de colostro, associada ao menor peso ao nascer, menor ganho de peso entre T0 e T24 e menor temperatura retal são fatores que levam a uma maior mortalidade de leitões antes do desmame.

O ganho de peso do leitão nas primeiras 24 horas de vida aumenta com a ingestão de colostro, sendo que o ganho de peso de 50 g é alcançado, em média, pela ingestão de 250 g de colostro (Devillers et al., 2004). Quesnel et al. (2012) sugerem que o consumo de 250 g de colostro no primeiro dia de vida é necessário para que o leitão obtenha boa saúde e crescimento pré e pós-desmame.

A sobrevivência dos suínos neonatos está positivamente relacionada com a concentração de IgG no plasma dos leitões (Hendrix et al., 1978), que está positivamente relacionada à ingestão de colostro e à quantidade de IgG presente no colostro (Devillers et al., 2011). Quando o leitão ingere 200 - 250 g de colostro nas 24 horas de vida, a concentração de IgG no plasma sanguíneo atinge um platô (Figura 2). Devillers et al. (2011) sugerem que a quantidade de IgG absorvida nas primeiras 24 horas após o início do parto é independente do tempo que os leitões tiveram para ingerir colostro. Baseados nesta informação, os autores sugerem que o fechamento intestinal acontece, na maioria dos leitões, após a ingestão de uma quantidade suficiente de IgG (15 g). Porém, outros trabalhos demonstram que o consumo e a taxa de absorção de componentes específicos do colostro, bem como a quantidade de nutrientes ingeridos, influenciam o fechamento intestinal (Lecce, 1966; Werhahn et al., 1981), mas o mecanismo de indução do fechamento intestinal ainda não está claro. Além disso, fica difícil determinar qual a quantidade de colostro que deve ser ingerida para que leitão adquira 15 g de IgG, pois a concentração de IgG no colostro varia muito entre indivíduos (Rooke & Bland, 2002).

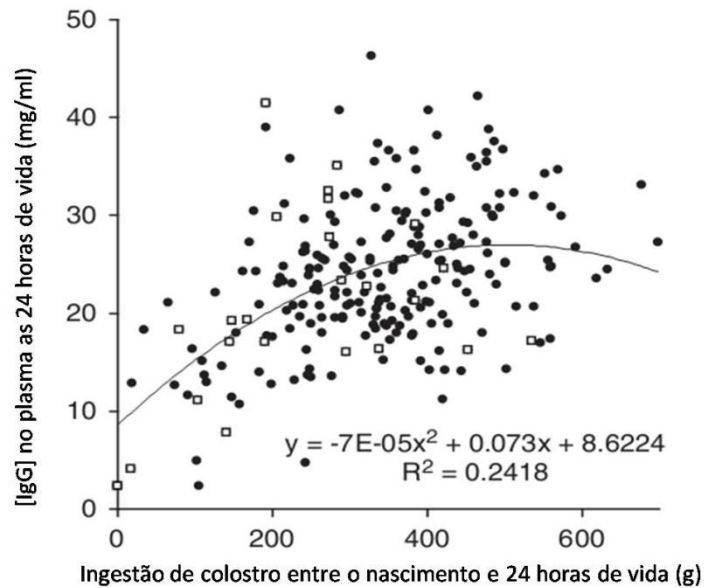


Figura 2: Relação entre ingestão de colostro e concentração de IgG no plasma dos leitões 24 horas após o início do parto (círculos pretos indicam leitões que estavam vivos ao desmame e quadrados brancos representam leitões que morreram entre 24 horas de vida e o desmame).
Fonte: Adaptado de Devillers et al., 2011.

Devillers et al. (2011) avaliaram o efeito, a longo prazo, da ingestão de colostro. Aos 21 dias de idade os leitões foram divididos em 3 categorias de acordo com a ingestão de colostro (<290 g; grupo entre 290 e 440 g e >440 g) e observou-se que os leitões que ingeriram mais de 290 g de colostro, apresentaram maior peso aos 42 dias de vida ($P \leq 0,05$) comparados aos que ingeriram menos que 290 g de colostro ($12,34 \pm 0,13$ kg vs $10,45 \pm 0,17$ kg, respectivamente). Estes dados mostram que a variabilidade na ingestão de colostro resulta em variabilidade no crescimento dos leitões. Ainda, os autores sugerem que uma boa aquisição de imunidade passiva através do colostro estimula o desenvolvimento da imunidade ativa dos leitões, sendo que a concentração plasmática de IgG ao desmame foi relacionada com a concentração plasmática observada nas 24 horas de vida.

A ingestão do colostro depende da capacidade da fêmea em produzir quantidade de colostro suficiente para toda a leitegada e da capacidade do leitão alcançar o complexo mamário (Le Dividich et al., 2005; Quesnel et al., 2012). A vitalidade do leitão ao nascer é o primeiro fator que influencia a ingestão de colostro, pois determina a capacidade do leitão alcançar o teto e mamar (Quesnel, 2011b). O peso do leitão ao nascer é um ponto importante, pois, um leitão que é mais pesado ao nascer, terá maior vitalidade para buscar o complexo mamário da sua mãe (Fraser & Rushen, 1991). Sendo assim, uma maior heterogeneidade no peso ao nascer da leitegada foi associada ao menor crescimento e maior taxa de mortalidade até o desmame (Milligan et al., 2002; Quesnel, 2011a). Os leitões que nascem com

dificuldade respiratória, envoltos na placenta, com cordão umbilical rompido ou splayleg possuem menor chance de ingestão de colostro. Além disso, a quantidade de colostro ingerida pode ser afetada pela competição por tetos na leitegada, já que nas linhagens hiperprolíficas, pode não haver tetos suficientes para todos os leitões (Devillers et al., 2007). Apesar da quantidade de colostro ingerida não ser afetada pela ordem de nascimento (Fraser & Rushen, 1991; Devillers et al., 2007) a concentração de IgG no plasma pode ser prejudicada pela ordem de nascimento pelo fato de que os últimos leitões nascidos teriam acesso ao colostro com menor concentração de IgG (Rooke & Bland, 2002; Bland et al., 2003; Charneca, 2010; Devillers et al., 2011).

2.2.3. Produção de colostro

Para que os leitões consumam a quantidade adequada de colostro, a fêmea precisa produzir quantidade suficiente para atender a demanda de toda a leitegada. De acordo com Devillers et al. (2004) a quantidade de colostro produzida pela fêmea pode ser estimada através da soma da quantidade de colostro ingerido pelos leitões obtida pela fórmula proposta pelos mesmos autores.

A produção de colostro é muito variável nas primeiras 24 horas após o parto (Charneca, 2010). Segundo Quesnel (2011a) a produção média é de $3,32 \pm 0,11$ kg de colostro, podendo variar entre 1,66 a 5,60 kg (Figura 3). Ao contrário do que acontece com a produção de leite, a produção de colostro não está correlacionada com tamanho e peso da leitegada (Devillers et al., 2007; Quesnel, 2011a), mas sim com a média de peso ao nascer dos leitões. Quesnel et al. (2012) relataram que a produção de colostro também pode ser afetada pelo número de leitões natimortos, ou seja, as variáveis estão negativamente correlacionadas.

Foisnet et al. (2011) avaliaram 20 fêmeas de ordem de parto 1 (OP1), sendo que 9 primíparas tiveram o parto induzido com análogo de prostaglandina aos 113 dias de gestação e 11 fêmeas tiveram parto espontâneo. Os autores concluíram que a indução do parto com um análogo de prostaglandina não influenciou significativamente a produção e a concentração de IgG no colostro, embora o número de fêmeas utilizadas tenha sido baixo. Apesar da ordem de parto ter exercido uma leve influência sobre a produção de colostro ($P= 0,059$), Devillers et al. (2007) observaram que as fêmeas de segundo e terceiro parto produziram maior quantidade de colostro que as primíparas (4278 ± 288 g e 3435 ± 184 g, respectivamente). Mais recentemente, Charneca (2010) e Quesnel (2011a) não encontraram diferença significativa na produção de colostro de acordo com a ordem de parto.

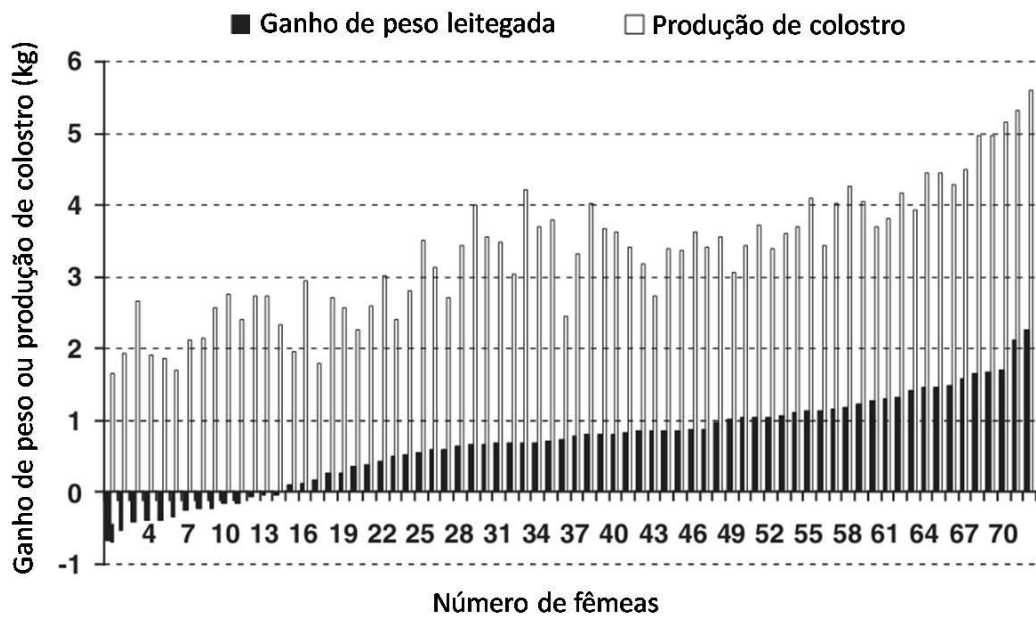


Figura 3: Ganho de peso da leitegada e estimativa da produção de colostro durante 24 horas *post partum*.

Fonte: Adaptado de Quesnel, 2011a.

2.3. Uniformização de leitegadas

A uniformização de leitegadas consiste na transferência de leitões de leitegadas mais numerosas para uma leitegada menos numerosa ou a formação de leitegadas com leitões de peso semelhante (Neal & Irvin, 1991; Robert & Martineau, 2001). Esta prática é realizada com o intuito de aumentar as chances de sobrevivência dos leitões, independente da média de nascidos por parto. Como atualmente as genéticas utilizadas são de linhagens hiperprolíficas, com o nascimento de leitegadas muito grandes, pode haver falta de tetos viáveis para amamentar todos os leitões, sendo a uniformização um manejo necessário. Além disso, uniformizar os leitões por tamanho pode proporcionar maior desenvolvimento dos mesmos, principalmente para os leitões pequenos, pois estes teriam mais chance de perder mamadas se estivessem com leitões grandes (Quiniou et al., 2002; Bierhals et al., 2010). Entretanto a uniformização deverá ser realizada de acordo com as recomendações técnicas bem claras (por peso ou por número de leitões) e o produtor deve saber que há maior envolvimento de mão de obra para este manejo (Robert & Martineau, 2001; Bierhals et al., 2010).

2.3.1. Período para uniformização

O momento ideal para realizar a uniformização de leitegadas é entre 6 e 24 horas após o nascimento, pois neste período os leitões ainda não definiram os tetos e poderão absorver maior quantidade de imunoglobulinas disponível através do colostro da mãe (Robert &

Martineau, 2001). Segundo Bandrick et al. (2011) o leitão deve mamar na mãe biológica no mínimo 12 horas para adquirir imunidade celular e somente após este período poderá ser transferido para que também possa adquirir imunidade contra os antígenos do meio ao qual será transferido.

Quando a uniformização é realizada no momento correto, há uma redução na taxa de mortalidade em relação à leitegada em que não houve este manejo (6,7% vs 13,4%) (Marcatti Neto, 1986). Robert & Martineau (2001) observaram que os leitões uniformizados ao longo do período lactacional foram 13% mais leves ao desmame que os leitões que permaneceram com as mães biológicas, além de ter havido aumento na taxa de mortalidade pré-desmame e aumento de brigas entre leitões na disputa por tetos.

Heim et al. (2012) avaliaram o ganho de peso dos leitões em leitegadas 100% adotados, 100% biológicos e 50% adotados e 50% biológicos, e concluíram que não houve diferença de peso e taxa de sobrevivência entre os 3 grupos avaliados até os 16 dias de vida. Provavelmente este resultado se deve ao fato da uniformização ter sido realizada dentro do período considerado ideal, isto é, até 24 horas após o parto ($20,1 \pm 0,4$ h) e também pelo fato dos leitões terem sido agrupados de acordo com a faixa de peso.

2.3.2. Número e tamanho dos leitões

A uniformização de leitegadas baseadas em número e tamanho dos leitões tem feito parte da rotina nas granjas, pois com as genéticas hiperprolíficas tornou-se frequente o nascimento de mais de 15 leitões por fêmea/parto (Thorup, 2009). Dessa forma, a utilização de “mães de leite” pode ser uma alternativa para reduzir a taxa de mortalidade pré-desmame.

Souza (2010) uniformizou leitões leves com leves (0,8 a 1,25 kg), leves com médios (1,4 a 1,6 kg) e leves com pesados ($>1,7$ kg) e não encontrou diferença na mortalidade de leitões quando foram uniformizados leitões leves com leves ou leves com médios. Porém, quando uniformizou leitões leves com pesados a mortalidade foi significativamente maior que nos outros grupos. Ainda, Souza (2010) observou que leitões leves ao nascimento apresentaram peso semelhante ao desmame independentemente se uniformizados com leves, médios ou pesados. Dados semelhantes foram encontrados por Bierhals et al. (2012), que na uniformização formaram leitegadas só com leitões leves (1,0 a 1,2 kg), leves e intermediários (1,4 a 1,6 kg) e somente leitões intermediários, e observaram que o ganho de peso diário e a taxa de sobrevivência foram semelhantes entre os grupos até os 19 dias de vida.

2.3.3. Ordem de parto da mãe biológica x adotiva

A imunidade humoral é específica aos antígenos aos quais as fêmeas foram expostas, sendo assim, fêmeas de ordem de parto maior que tiveram contato com mais antígenos comparados as fêmeas de primeira lactação, apresentam concentração de IgG maior que as primíparas (Blecha, 1998). Quesnel (2011a) avaliou a concentração de IgG no colostro de fêmeas de OP1 até OP>5 e não encontrou diferença, entre ordens de parto, na quantidade de IgG colostro no T0. Porém, na hora 24 as fêmeas velhas apresentaram maior concentração de IgG que fêmeas OP1 (Figura 4). Em um estudo recente, Hinkle (2012) comparou a quantidade de IgG no colostro coletado em até 6 horas após o início do parto. Foram utilizadas 56 fêmeas OP1 e de 49 fêmeas OP3 e não foi encontrada diferença entre as ordens de parto, sendo que a concentração média de IgG no colostro foi 22 mg/ml. Carney-Hinkle et al. (2013) avaliaram a quantidade de IgG no colostro de fêmeas OP1 e OP4 em até 4 horas após o início do parto e também não encontraram diferença entre ordens de parto.

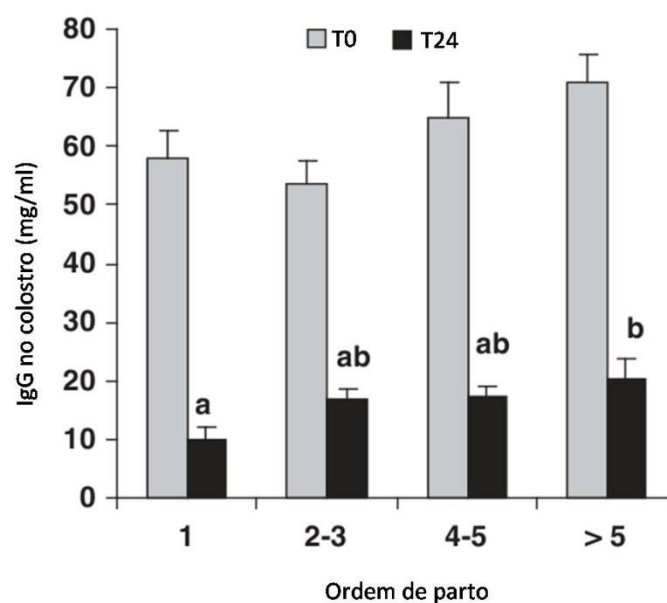


Figura 4: Efeito da ordem de parto na concentração de IgG no colostro coletado no início do parto (T0) e 24 horas após (T24) em 56 fêmeas Landrace X Large White.

Fonte: Adaptado de Quesnel, 2011a.

Burkey et al. (2008) e Hinkle (2012) avaliaram a quantidade de IgG no soro de leitões de fêmeas OP1 e OP3 e observaram que nos leitões de OP3 a quantidade de IgG foi maior ($P < 0,001$) que nos leitões de OP1 em todos os momentos. Em contrapartida Carney-Hinkle et al. (2013) avaliaram a concentração de IgG no soro dos leitões de fêmeas OP1 e OP4 e não

encontram diferença entre as ordens de parto ($P= 0,541$), sendo que com o aumento da idade dos leitões houve diminuição na concentração de IgG em ambas ordens de parto.

Bierhals et al. (2011) realizaram um estudo comparando o desempenho dos leitões que foram uniformizados em fêmeas OP1 (50% leitões biológicos e 50% adotados nascidos de fêmeas OP5) com os uniformizados em fêmeas OP5 (50% leitões biológicos e 50% leitões adotados nascidos de fêmeas OP1). Os mesmos observaram que não houve diferença de peso entre leitões biológicos e adotados quando amamentados em mães de mesma ordem de parto, porém, o peso aos 7, 14 e 18 dias foi maior nos leitões amamentados pelas fêmeas de OP5 em comparação àqueles amamentados em primíparas, independentemente de serem leitões biológicos ou adotados.

De acordo com os dados de desempenho dos leitões uniformizados em fêmeas de diferentes ordens de parto há indícios que fêmeas de ordem de parto maior produzem uma maior quantidade de leite que proporciona melhor desenvolvimento dos leitões.

3. ARTIGO CIENTÍFICO

ARTIGO A SER SUBMETIDO

**Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets
after cross-fostering in sows of different parities**

C.V. Ferrari^a, P.E. Sbardella^a, M.L. Bernardi^b, M.L. Coutinho^c, I.S.Vaz Jr^c, I. Wentz^{a*}, F.P.
Bortolozzo^a

^aSetor de Suínos, Faculdade de Veterinária – Universidade Federal do Rio Grande do Sul –
UFRGS – Av. Bento Gonçalves, 9090, Porto Alegre, Brazil

^b Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia – UFRGS, Av. Bento Gonçalves,
7712, Porto Alegre, Brazil

^cCentro de Biotecnologia – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, Brazil

*Corresponding author: fpbortol@ufrgs.br

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the birth weight and colostrum intake on mortality and growth performance of piglets until 42 days of age, also taking into account the parity order of the biological and foster dams. Colostrum intake from birth to 24 h after birth was estimated in 300 piglets each from primiparous and multiparous dams by weighing at birth and 24 h of age. These piglets were then cross-fostered in 25 primiparous and 25 multiparous sows at 25.9 ± 0.09 h after farrowing. The concentration of serum immunoglobulin G (IgG) was determined in the sows after the end of farrowing and in the piglets before cross-fostering (24 h after farrowing), at 10 and 20 days of age. Piglets from primiparous consumed less colostrum ($P < 0.003$) than piglets from multiparous dams, but their serum IgG concentrations at 24 h after birth were similar ($P > 0.05$). The risk of mortality until 42 days of age was not affected by the parity order of biological or foster dams ($P >$

0.05). Higher odds of mortality were observed in piglets of low (LW - 1.10–1.2 kg) and intermediate (IW - >1.2–1.3 kg) birth weight that consumed ≤ 150 g of colostrum compared to heavy piglets (HW - >1.3 kg) that consumed >250 g colostrum. HW piglets at birth had higher weight at 20, 28 and 42 days of age ($P < 0.05$) than LW piglets at birth, even when consuming the same amount of colostrum. The parity order of the biological dam had no effect on the performance of piglets until 42 days of age ($P > 0.05$). Piglets suckled by multiparous foster dams showed higher weight than those suckled by primiparous sows. Piglets that died before 42 days of age had lower ($P < 0.05$) birth weight, colostrum intake and serum IgG at 24 h after birth compared to surviving piglets, and these lower values were also observed in piglets with low (<9.5 kg) performance compared to high (>9.5 kg) performance piglets. There were no differences in serum IgG concentrations at 10 and 20 days of age ($P = 0.346$) between high and low performance piglets. In conclusion, LW piglets are more dependent on colostrum intake than HW piglets to assure higher survival and better development up to 42 days of age. Survival and growth are not affected by the parity order of the biological dam, whereas piglets suckled by multiparous sows have better development than those suckled by primiparous sows.

Keywords: colostrum intake, cross-fostering, growth rate, immunoglobulin G, piglet, weight gain

1. Introduction

Selection for higher prolificacy in pig production has been accompanied by great variability in birth weight and pre-weaning mortality (Quiniou et al., 2002). The mortality rate of suckling piglets varies widely among countries and farms, with reported values varying from 4.7% (Furtado et al., 2012) to 12% (Kilbride et al., 2012). Neonatal mortality is a major cause of pre-weaning losses and the first 24 h after birth is the most critical period (Quesnel et

al., 2012), when 28% of pre-weaning mortality occurs (Kilbride et al., 2012). Low birth weight, starvation, crushing of sick piglets and diarrhoea are among the most prevalent causes of death in maternity, representing, respectively, 14%, 7%, 5% and 4% (Fix et al., 2010; Kilbride et al., 2012) of deaths. Piglets that do not ingest colostrum or consume an insufficient amount of colostrum are subjected to starvation and therefore predisposed to crushing and diarrhoea. Adequate colostrum intake can reduce the mortality rate until weaning, hence decreasing losses in the productive system (Devillers et al., 2011; Quesnel et al., 2012).

Colostrum provides energy required for thermoregulation (Herpin et al., 2002; Le Dividich et al., 2005) and growth factors that stimulate intestinal growth and maturation (Xu et al., 2000). Due to the epitheliochorial placenta, piglets are born without plasma immunoglobulins (Bland et al., 2003), so one of the most important functions of colostrum is to provide passive immunity necessary to protect piglets (Rooke and Bland, 2002). Immunoglobulins assist this protection, particularly immunoglobulin G (IgG), which is available in large quantities in colostrum during the first 3 h after farrowing (Foisnet et al., 2010). However, a minimal amount of colostrum must be ingested to provide protection to piglets. According to Devillers et al. (2011), the ingestion of 200 g colostrum provides passive immunity to piglets, reducing their risk of death before weaning and affording them a slight weight gain.

The amount of colostrum intake depends not only on the ability of sows to produce it but also on the capacity of piglets to withdraw the colostrum from teats (Quesnel et al., 2012). Lactation requires a large mobilization of body reserves and this is aggravated in primiparous sows because a portion of their energy must be directed towards their development. Piglets from primiparous sows have lower birth weight compared to piglets from females of higher parities (Carney-Hinkle et al., 2013). Furthermore, primiparous sows produce less milk (Beyer et al., 2007) and wean lighter piglets.

Colostrum intake has been studied (Devillers et al., 2011; Quesnel, 2011) but there is a lack of information regarding colostrum intake according to birth weight and parity of the dam. Furthermore, IgG concentration in piglets has been evaluated according to the parity of the dams (Hinkle, 2012; Carney-Hinkle et al., 2013), but the amount of colostrum intake was not measured in those studies. The aim of this study was to evaluate the effect of birth weight and colostrum intake on mortality and growth of piglets, also taking into account the parity order of the biological and foster dams.

2. Materials and methods

The experimental protocol described in this experiment was approved by the Institutional Animal Care and Use Committee (CEUA-FAVET-UFRGS) under an experimental license (Project number 24003).

2.1. Animals and housing

The study was carried out in a breeding herd with 4300 sows in the Midwest of Santa Catarina State, Brazil, from July to October 2012.

Large White x Duroc x Landrace (Camborough 25[®], Agroceres PIC genetics) sows were used in this study. The biological and foster dams used were either primiparous or multiparous (parity order 4 to 6) sows. Two groups of biological dams were formed: primiparous (PrimBiol; n= 57) and multiparous (MultBiol; n= 59). These sows were used to study colostrum yield and served as donors and recipients of piglets in order that none of the piglets evaluated remained with their biological dam after cross-fostering. Piglets were cross-fostered at 25.9 ± 0.09 h after farrowing and uniformly distributed among the foster dams according to birth weight and gender. In total, 600 piglets (300 piglets from PrimBiol and 300 piglets from MultBiol) weighing between 1.1 and 1.7 kg at birth were used. Piglets with respiratory distress, umbilical cord rupture or malformation were not included in the study.

Foster dams were selected and distributed in pairs ($n = 25$), each pair consisting of a primiparous (PrimFoster) and a multiparous (MultFoster) sow. To study the effect of the parity order of both biological and foster dams, twelve piglets were allocated to each PrimFoster (6 piglets from PrimBiol and 6 from MultBiol) or MultFoster (6 piglets from PrimBiol and 6 from MultBiol) sow.

The sows were housed in gestation crates until sixty days post-insemination and afterward in gestation pens. Five days before the estimated farrowing date, the females were moved into the farrowing house where they were individually housed in crates until weaning. The farrowing house consisted of 66 farrowing crates per room with curtains at the lateral walls, which were used to manage the temperature inside the room. Crates were equipped with nipples and automatic feeders and had a full plastic slatted floor. In front of each farrowing crate, there was a creep box containing a heated floor, heat lamp and an opening to permit free access to piglets.

During gestation, the sows were given a standard corn soybean gestation diet (14% CP, 0.65% lysine and 3217 kcal ME), offered in specific amounts, in three meals, depending on the gestation phase and body condition score of the sows. From insemination to 30 days of gestation, sows were fed 1.8 to 2.8 kg/day. Between 31 and 86 days of gestation, sows received between 1.6 and 2.8 kg/day; from 87 days of gestation until the transfer to the farrowing house, they received 2.6 to 2.8 kg/day. From 110 days of gestation until farrowing, sows received no more than 2.0 kg/day. After farrowing, sows were *ad libitum* fed a lactation diet (18.5% CP, 1.0% lysine and 3400 kcal ME). Creep feed was not available for piglets. Throughout the experimental period, both sows and piglets had *ad libitum* access to water.

Farrowings were induced at 113.9 ± 0.04 days of gestation using 0.175 mg PGF₂-alfa analogue (Cloprostenol Sodium, Sincrocio[®], OuroFino, São Paulo, Brazil) by the vulvar submucosal route. Sows that had not yet farrowed at 24 h after prostaglandin application

received 10 IU of oxytocin (Oxytocin synthetic, Orastina[®], Intervet, São Paulo, Brazil) by an intramuscular injection. All farrowings were supervised.

2.2. *Measurements*

Immediately after birth, piglets were dried using paper towels, their umbilical cord was clamped, and they were ear-tagged and weighed with a digital balance (1 g of precision). After these procedures, they were placed in a box warmed by a heating lamp where they remained for 5–10 min; then they were moved close to the teats of sows. Piglets were weighed again 24 h after farrowing to estimate colostrum intake according to the method described by Devillers et al. (2004).

Colostrum yield was estimated in 40 primiparous and 44 multiparous biological dams according to the method described by Devillers et al. (2004). The average interval between birth and first suckling was estimated to be 30 minutes (Devillers et al., 2007, Quesnel, 2011). When piglets die within 17 h after birth, their colostrum intake can be underestimated (Devillers et al., 2004). As the exact moment of a piglet's death could not be recorded, colostrum yield was estimated only in sows that did not lose piglets within the first 24 h after farrowing.

To assess the amount of IgG in serum, blood samples from sows (10 ml) were collected via jugular venipuncture after the end of farrowing (6.04 ± 0.14 h after farrowing onset). Blood samples of the piglets (4 ml) were obtained at three time points: 23.7 ± 0.06 h after birth (before cross-fostering), at 10 and 20 days of age; blood was collected from the jugular vein using a vacuum tube (Vacutainer, Labor Import, São Paulo, Brazil) with a clotting activator. About one hour after collection, all blood samples were centrifuged for 10 min at 1600 g and serum samples were stored at -20 °C until analysis.

Piglets were weighed again at 7, 14, 20, 28 and 42 days of age. All the piglets were weaned at 21 days of age. Piglet mortality was daily recorded. On the first day after birth all piglets received prophylactic antibiotics (4.4 mg/kg of gentamicin, by the IM route). Tail-docking was performed at three days of age when the piglets also received applications of an anticoccidial (Baycox[®], Bayer, 20 mg/kg of Toltrazurila, by the oral route) and iron dextran glucoheptonate (Gleptoferril[®], Eurofarma, 200 mg/piglet, by the IM route). One day before weaning all piglets were vaccinated against *Mycoplasma hyopneumoniae*, Porcine circovirus type II and *Haemophilus parasuis* conjugated with *Streptococcus suis*.

The quantity of IgG was assessed by a direct enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Ninety-six well microtitration plates were coated with 100 µL per well of diluted serum (1:16,900) in 20 mM carbonate buffer (pH 9.6) by incubation overnight at 4 °C. Thereafter, blocking was done with 5% cow non-fat dry milk-phosphate buffered saline (pH 7.2) (BLOTTO) and the plate was incubated for 1 h at 37 °C. Plates were washed three times with PBS and then the horseradish peroxidase conjugate anti-pig IgG (Sigma A7670) was applied (diluted 1:20,000) and the plate was incubated for 1 h at 37 °C. After washing the plates three times with PBS, the chromogen and the substrate were added (3.4 mg of phenylenediamine, 5 µl of 30% H₂O₂ in 0.1 M citrate-phosphate buffer, pH 5.0). The reaction was stopped after 15 min with 12.5% H₂SO₄ and the optical density (OD) was determined at 492 nm. Incubation of the anti-pig IgG conjugate in non-IgG coated wells of the microtitration plate was used as control. The standard curve was obtained by incubating a known concentration of swine IgG (0.1–2.0 µg/ml) in the same plate and conditions. The intra-assay CV was 4% and inter-assay CV was 16% for the serum analyses.

2.3. Statistical analysis

Statistical analyses were carried out using the Statistical Analysis System (SAS® 2005) version 9.2. All numerical data are presented as LSmeans \pm SEM, and differences were considered as statistically significant at the 95% confidence level ($P < 0.05$).

The total number of piglets born and born alive, serum IgG concentration and colostrum yield of sows, as well as the birth weight, colostrum intake and serum IgG at 24 h after birth of piglets were compared according to the parity order of the dams using mixed models (MIXED procedure).

The frequency distribution of mortality of piglets according to nine classes of birth weight (1.10–1.15 kg; >1.15–1.20 kg; >1.20–1.25 kg; >1.25–1.30 kg; >1.30–1.35 kg; >1.35–1.40 kg; >1.40–1.45 kg; >1.45–1.50 kg; >1.50 kg) and nine classes of colostrum intake (≤ 100 g; >100–150 g; >150–200 g; >200–250 g; >250–300 g; >300–350 g; >350–400 g; >400–450 g; >450 g) was obtained by using the FREQ procedure. Univariate logistic regression models were initially used to define which classes of birth weight or colostrum intake that could be grouped according to their risk of mortality. Three classes of birth weight (1.10–1.20 kg - LW; >1.20–1.30 kg - IW; >1.30 kg - HW) and three classes of colostrum intake (≤ 100 –150 g - LC; >150–250 g - IC; >250 g - HC) were formed.

Subsequently, nine groups were created taking into account both birth weight and colostrum intake within the same group: LWLC - low weight and low colostrum intake; LWIC - low weight and intermediate colostrum intake; LWH - low weight and high colostrum intake; IWLC - intermediate weight and low colostrum intake; IWIC - intermediate weight and intermediate colostrum intake; IWHC - intermediate weight and high colostrum intake; HWLC - high weight and low colostrum intake; HWIC - high weight and intermediate colostrum intake; HWHC - high weight and high colostrum intake. These nine groups as well as the parity order of both biological and foster dams were investigated as risk factors for mortality using a logistic regression model (GLIMMIX procedure). A similar model was used

to investigate the risk of low growth performance in the piglets until 42 days of age. The low performance group was composed of about one-third of the piglets (35%) and their weight at 42 days of age was <9.5 kg. In the models used to investigate which factors could be a risk for piglet mortality or low growth performance, the dependent variable was binomial, i.e., the fact that the piglet died or not or the fact that the piglet belonged or not to the low weight group at 42 days of age.

The piglets' weight at several time points (7, 14, 20, 28 and 42 days of age) was also analysed. Weight was analysed as a repeated measure using the MIXED procedure including the fixed effects of groups of birth weight and colostrum intake, parity order of the biological dam, parity order of the foster dam and day of weighing as well as the interactions between these factors. Pairs of sows were included as a random effect. The LSmeans were compared by the Tukey-Kramer test.

Birth weight, colostrum intake and IgG concentration at 24 h after birth were compared between surviving and dead piglets. The same variables as well as the IgG concentration at 10 and 20 days of age were compared between low and high growth performance piglets. Associations between birth weight, colostrum intake and IgG concentrations were investigated using Pearson correlation (CORR procedure).

3. Results

There were no differences between primiparous and multiparous sows ($P > 0.05$) in the number of piglets born (13.3 ± 0.25), born alive (12.3 ± 0.22) and serum IgG concentration (17.3 ± 0.48 mg/ml). The colostrum yield was lower ($P = 0.0058$) in primiparous (3.0 ± 0.13 kg) than in multiparous (3.5 ± 0.12 kg) sows.

Overall, the birth weight of piglets averaged 1.31 ± 0.01 kg without a difference ($P > 0.05$) between the parity orders of the dams. Piglets from PrimBiol dams consumed less

colostrum than piglets from MultBiol dams (271.9 ± 7.7 vs. 297.6 ± 7.7 mg/ml; $P < 0.003$), but their serum IgG concentration at 24 h after birth was similar (21.6 ± 0.84 vs. 21.8 ± 0.84 mg/ml; $P > 0.05$).

Colostrum intake by piglets showed a positive correlation ($r = 0.23$; $P < 0.0001$) with birth weight. Serum IgG concentration at 24 h, 10 and 20 d of age was not correlated ($P > 0.05$) with birth weight but it was positively correlated ($P < 0.0001$) with colostrum intake ($r = 0.44, 0.29$ and 0.19 , respectively) and with the serum IgG concentration of the mother ($r = 0.29, 0.27$ and 0.27 , respectively).

Cumulative mortality rates of the piglets were 2.2%, 3.0%, 4.5%, 5.8% and 7.3% until 3, 7, 14, 20 and 42 days of age, respectively. The following reasons accounted for mortality until 42 days of age starvation (3.8%), crushing (1.8%), diarrhoea (1.5%) and anal atresia (0.2%). An overall view of birth weight, colostrum intake and mortality of the piglets is shown in Figure 1. It can be seen that colostrum intake is not exclusively dependent on the birth weight of piglets and that mortality is mostly concentrated in piglets with low birth weight and low colostrum intake. Mortality is also detailed according to classes of birth weight (intervals of 0.05 kg) and colostrum intake (intervals of 50 g) in Figure 2A and Figure 2B, respectively. Among piglets weighing ≤ 1.20 kg the mortality rate was 13.9%. Of the 78 piglets consuming ≤ 150 g of colostrum 23.1% of them died between 24 h after birth and 42 days of age.

The risk of mortality was not affected by the parity order of the biological dams, the parity order of the foster dams ($P > 0.05$; Table 1) or by their interaction. Higher odds of mortality were observed in LW and IW piglets that consumed ≤ 150 g of colostrum and in LW piglets with a colostrum intake >150 – 250 g compared to HW piglets that consumed >250 g colostrum (Table 1). The risk of mortality was not increased in IW piglets consuming >150 g of colostrum and in HW piglets regardless of the colostrum intake. Piglets that died between

24 h after birth and 42 days of age had lower ($P < 0.0002$) birth weight (1.24 ± 0.02 kg vs. 1.31 ± 0.01 kg), colostrum intake (197.5 ± 16.3 g vs. 291.6 ± 6.5 g) and serum IgG concentration 24 h after birth (18.1 ± 1.1 vs. 22.0 ± 0.8 mg/ml) than surviving piglets.

A colostrum intake >250 g compared to ≤ 150 g increased ($P < 0.05$) the weight of piglets within all birth weight classes, at 28 and 42 days of age, as well as in LW piglets at 14 and 20 days of age (Table 2). A colostrum intake >250 g also increased the weight of LW and HW piglets at 42 days compared to >150 – 250 g of colostrum intake. Piglets designated HW at birth had higher weight at 20, 28 and 42 days of age ($P < 0.05$) than piglets designated LW at birth, even when consuming the same amount of colostrum.

There was neither an effect of the parity order of the biological dam nor of the interaction between biological and foster dam parity on the risk of low performance (Table 1) and on the development of piglets until 42 days of age ($P > 0.05$). However, piglets from primiparous foster dams had higher odds ($P < 0.05$) of low performance than piglets from multiparous foster dams (Table 1). Although there were no differences in weight ($P > 0.05$) between piglets suckled by primiparous and multiparous foster dams at 7 days (2.17 ± 0.10 vs. 2.20 ± 0.10 kg) and 14 days (3.66 ± 3.80 vs. 3.81 ± 0.10 kg) of age, piglets suckled by primiparous sows showed lower weight ($P < 0.003$) than those suckled by multiparous sows at 20 days (5.00 ± 0.10 vs. 5.30 ± 0.10 kg), 28 days (5.73 ± 0.10 vs. 6.03 ± 0.10 kg) and 42 days (9.30 ± 0.10 vs. 9.92 ± 0.10 kg) of age.

Piglets with low performance until 42 days of age (<9.5 kg) had lower ($P < 0.05$) birth weight (1.27 ± 0.01 vs. 1.34 ± 0.01 kg), colostrum intake (263.0 ± 9.08 vs. 307.3 ± 7.63 g) and serum IgG concentration at 24 h after birth (21.2 ± 0.47 vs. 22.4 ± 0.33 mg/ml) compared to piglets of high performance. Overall means of IgG at 10 and 20 days were 14.0 ± 0.20 and 10.1 ± 0.17 mg/ml, respectively, without any significant difference ($P = 0.346$) between high and low performance piglets.

4. Discussion

Even though piglets used in the present study had a birth weight within a relatively narrow range (1.1 to 1.7 kg), there was a wide variation in colostrum intake, ranging from 0 to 547.7 g. Colostrum intake varies between litters, and piglets with high birth weight tend to ingest more colostrum (Fraser and Rushen, 1991; Devillers et al., 2007, Quesnel, 2011), although a low positive correlation between birth weight and colostrum intake was observed in piglets in the present study. When colostrum is available in an unlimited quantity, piglets can ingest 450 g/kg body weight, suggesting that their ability to intake colostrum is high (Le Dividich et al., 2005; Devillers et al., 2007).

The lower colostrum yield observed in primiparous sows is in contrast to a similar colostrum yield between primiparous and multiparous reported in previous studies (Devillers et al., 2007; Quesnel, 2011). It is important to point out that first parity sows produced less colostrum than second and third parity sows but they had a similar colostrum yield compared to sows of parity order ≥ 4 in the study of Devillers et al. (2007). However, in that study, the number of parity order ≥ 4 sows was not cited, but it was likely low because only 18 multiparous sows, including all parities ≥ 2 , were evaluated. Taking into account that individual colostrum intake by piglets is lower as the litter size increases (Devillers et al., 2007; Quesnel, 2011), and that primiparous and multiparous sows in the present study had a similar number of piglets born alive, the lower colostrum yield of primiparous sows, when divided by a similar number of piglets, explains the lower colostrum intake of their piglets.

Although colostrum intake and IgG concentration at 24 h were positively correlated ($r= 0.44$) the small difference in colostrum intake (on average 26 g more in piglets from multiparous sows) probably explains the similar IgG concentration at 24 h observed between piglets from primiparous and multiparous sows. Carney-Hinkle et al. (2013) also observed similar IgG levels in piglets of parity 1 and parity 4 sows.

The higher mortality rate in piglets with a low weight at birth was also observed in other studies (Milligan et al., 2002; Quiniou et al., 2002; Furtado et al., 2012; Panzardi et al., 2013). The low mortality observed in HW piglets regardless of their colostrum intake highlights the importance of a higher birth weight for piglet survival. Lightweight piglets have lower energy reserves and less capacity for thermoregulation (Herpin et al., 2002), therefore they require longer for the first feeding and are less competitive for teats than heavier piglets (Rooke and Bland, 2002; Le Dividich et al., 2005), ingesting less colostrum and milk. The lower birth weight shown by non-surviving piglets also corroborates the assumption that piglets with lower birth weight and lower vitality to ingest colostrum are more likely to die by crushing or health problems, due to lower energy and level of IgG (Le Dividich et al., 2005; Devillers et al., 2011).

The beneficial effect of a colostrum intake >250 g on mortality reduction was evident in LW and IW piglets. Colostrum is a source of immunoglobulins, mainly IgG, and energy required to prevent hypoglycemia and hypothermia in piglets (Klobasa and Butler, 1987; Herpin et al. 2002; Rooke and Bland, 2002; Le Dividich et al., 2005). Devillers et al. (2011) suggest that the minimum amount necessary to increase the chance of piglet survival is 200 g of colostrum. In the present study, a colostrum intake of >150–250 g reduced the mortality of IW and HW piglets but still represented a risk of mortality for LW piglets, showing that the amount of colostrum required to ensure the survival of piglets can vary according to their birth weight. This assumption is reinforced by the fact that the mortality of HW piglets was not associated with colostrum intake.

Regardless of colostrum intake, LW and IW piglets had a greater chance of low performance, showing that HW piglets are less dependent on colostrum intake to ensure a better growth performance. The importance of a high birth weight to reduce the risk of low performance was reported by Panzardi et al. (2013), who observed that piglets weighing

<1.27 kg at birth were more likely to belong to the group of light piglets at weaning. The fact that the performance of piglets can be affected by both birth weight (Milligan et al., 2002; Quiniou et al., 2002; Furtado et al., 2012) and colostrum intake (Devillers et al., 2011) was evidenced by the highest weight at 42 days of age being observed in heavy piglets that consumed more colostrum. In addition, colostrum intake >250 g offset the effect of a low birth weight in LW piglets, providing them a similar weight at 42 days of age as HW piglets who ingested ≤ 150 g colostrum.

The higher IgG concentration at 24 h after birth in piglets with high growth performance confirms the long-term positive effect of higher passive immunity on growth (Devillers et al., 2011). As the establishment of active immunity in piglets can range from 1 to 4 weeks of age (Curtis and Bourne, 1973; Klobasa et al., 1981; Rooke et al., 2003), it is difficult to determine what proportion of IgG concentration present in plasma at weaning is derived from colostrum and what is produced by piglets (Devillers et al., 2011; Quesnel et al. 2012). According to Rooke and Bland (2002), there is no evidence of IgG synthesis before 1 week of age, but by 14 and 21 days a portion of the IgG present in piglet plasma is not of maternal origin. In the present study, low and high performance piglets had similar IgG levels 10 and 20 days after birth, in contrast with the difference in their IgG at 24 h. Klobasa et al. (1981) observed that greater amounts of IgG absorbed after birth delayed IgG synthesis by piglets that were deprived of colostrum and fed purified swine IgG. Therefore, it could be speculated that lower colostrum intake and IgG absorption may induce an earlier onset of IgG synthesis in low performance piglets, resulting in similar levels of IgG at weaning compared to high performance piglets. Nevertheless, this explanation seems unlikely since IgG concentration at 24 h was positively correlated with IgG at weaning, as already previously shown (Devillers et al., 2011). If piglet growth and the consequent expansion in blood volume is taken into account (Rooke and Bland, 2002), it is likely that IgG concentration 24 h after

birth suffered a dilution effect, making the values at 10 and 20 days similar between high and low performance piglets. In fact, in the present study the differences in weight between high and low performance piglets increased steadily from 70 g to 380 g, 810 g and 1190 g at birth, 7, 14 and 20 days of age, respectively.

The parity of the foster dam had no influence on piglet mortality, as observed by other authors (Milligan et al., 2002; Bierhals et al., 2011). On the other hand, piglets suckled by multiparous sows showed better performance, which corroborates previous reports (Bierhals et al., 2011; Hinkle, 2012). The higher milk yield of multiparous sows compared to primiparous sows (Beyer et al., 2007) probably explains the higher weight of their piglets.

Taking into account the greater impact of colostrum intake on the survival and performance of low birth weight piglets, some strategies could be used to assure them an adequate energy supply and IgG absorption. Some approaches to improve immune status have already been suggested, such as supplementing piglets with sow/bovine colostrum (Cabrera et al., 2013) or IgG-rich supplements (Bikker et al., 2010; Campbell et al., 2012). Indeed, some supplements have been administered to neonatal piglets, resulting in absorbable IgG similar to or higher than that observed with sow colostrum (Bikker et al., 2010; Campbell et al., 2012). As colostrum-borne growth factors stimulate the functional maturation of the gastrointestinal tract in piglets (Xu et al., 2000), their role in the development of the immune system (Cabrera et al., 2013) merits investigation and perhaps in the future they will be incorporated into formulas to supplement neonatal piglets.

5. Conclusions

Colostrum intake and birth weight are important for the survival and growth of suckling piglets. LW piglets are more dependent on colostrum intake than HW piglets to ensure their survival and better development. The survival and growth of piglets are not

affected by the parity order of the biological dam whereas piglets suckled by multiparous sows have better development than those suckled by primiparous sows.

Conflict of interest statement

None of the authors have any conflicts of interest to declare.

Acknowledgements

The authors are grateful to Master Genética Animal, especially all staff from Master São Roque (Videira, Santa Catarina, Brazil) for providing the facilities to perform this study and Agroceres PIC for financial support for this project.

References

- Beyer, M., Jentsch, W., Kuhla, S., Wittenburg, H., Kreienbring, F., Scholze, H., Rudolph, P.E., Metges, C.C., 2007. Effects of dietary energy intake during gestation and lactation on milk yield and composition of first, second and fourth parity sows. *Arch. Anim. Nutr.* 61, 452–468.
- Bierhals, T., Mellagi, A.P.G., Heim, G., Bernardi, M.L., Wentz, I., Bortolozzo, F.P., 2011. Performance of litter after crossfostering of piglets between females of parity order 1 and 5. *Acta Sci. Vet.* 39 (1), 942.
- Bikker, P., Kranendonk, G., Gerritsen, R., Russell, L., Campbell, J. Crenshaw, J., Rodríguez, C., Ródenas, J., Polo, J., 2010. Absorption of orally supplied immunoglobulins in neonatal piglets. *Livest. Sci.* 134, 139-142.
- Bland, I.M., Rooke, J.A., Bland, V.C., Sinclair, A.G., Edwards, S.A., 2003. Appearance of immunoglobulin G in the plasma of piglets following intake of colostrum, with or without a delay in sucking. *Anim. Sci.* 77, 277-286.

- Cabrera, R., Lin, X., Ashwell, M., Moeser, A., Odle, J., 2013. Early postnatal kinetics of colostral immunoglobulin G absorption in fed and fasted piglets and developmental expression of the intestinal immunoglobulin G receptor. *J. Anim. Sci.* 91, 211-218.
- Campbell, J., Jacobi, S., Liu, Y., Hard Robertson, K., Drayton, J., Medina, I., Polo, J., Crenshaw, J., Odle, J., 2012. Evaluation of immunoglobulin G absorption from colostrum supplements gavaged to newborn piglets. *J. Anim. Sci.* 90, 299-301.
- Carney-Hinkle, E.E., Tran, H., Bundy, J.W., Moreno, R., Miller, P.S., Burkey, T.E., 2013. Effect of dam parity on litter performance, transfer of passive immunity, and progeny microbial ecology. *J. Anim. Sci.* 91, 2885-2893.
- Curtis, J., Bourne, F.J., 1973. Half-lives of immunoglobulins IgG, IgA and IgM in the serum of new-born pigs. *Immunology.* 24, 147-155.
- Devillers, N., Van Milgen, J., Prunier, A., Le Dividich, J.E., 2004. Estimation of colostrum intake in the neonatal pig. *Anim. Sci.* 78, 305-313.
- Devillers, N., Farmer, C., Le Dividich, J., Prunier, A., 2007. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. *Animal.* 1:7, 1033-1041.
- Devillers, N., Le Dividich, J., Prunier, A., 2011. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. *Animal.* 5:10, 1605-1612.
- Fix, J.S., Cassady, J.P., Holl, J.W., Herring, W.O., Culbertson, M.S., See, M.T., 2010. Effect of piglet birth weight on survival and quality of commercial market swine. *Livest. Sci.* 132, 98-106.
- Foisnet, A., Farmer, C., David, C., Quesnel, H., 2010. Relationship between colostrum production by primiparous sows and sow physiology around parturition. *J. Anim. Sci.* 8, 1672-1683.
- Fraser, D., Rushen, J., 1992. Colostrum intake by newborn piglets. *Can. J. Anim. Sci.* 72, 1-13.

- Furtado, C.S.D., Mellagi, A.P.G., Cypriano, C.R., Gaggini, T.S., Bernardi, M.L., Wentz, I., Bortolozzo, F.P., 2012. Influence of birth weight and of oral, umbilical or limb lesions on performance of suckling piglets. *Acta Sci. Vet.* 40 (4), 1077.
- Herpin, P., Damon, M., Le Dividich, J., 2002. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 78, 25–45.
- Hinkle, E., 2012. The effect of dam parity on progeny growth performance, passive immunity, and gastrointestinal microbiota. 136f. *Theses and Dissertations in Animal Science*. University of Nebraska – Lincoln.
- Kilbride, A.L., Mendl, M., Statham, P., Held, S., Harris, M., Cooper, S., Green, L.E., 2012. A cohort study of preweaning piglet mortality and farrowing accommodation on 112 commercial pig farms in England. *Prev. Vet. Med.* 104, 281-291.
- Klobasa, F., Werhahn, E., Butler, J.E., 1981. Regulation of humoral immunity in the piglet by immunoglobulins of maternal origin. *Res. Vet. Sci.* 31, 195-206.
- Klobasa, F., Butler, J.E., 1987. Absolute and relative concentrations of immunoglobulins G, M, and A, and albumin in the lacteal secretion of sows of different lactation numbers. *An. J. Vet. Res.* 48, 176-182.
- Le Dividich, J., Rooke, J. A., Herpin, P., 2005. Review: Nutritional and immunological importance of colostrum for the new-born pig. *J. Agric. Sci.* 143, 469–485.
- Milligan, B.N., Dewey, C.E., Grau, A.F., 2002. Neonatal-piglet weight variation and its relation to pre-weaning mortality and weight gain on commercial farms. *Prev. Vet. Med.* 56, 119–127.
- Panzardi, A., Bernardi, M., Mellagi, A.P., Bierhals, T., Bortolozzo, F.P., Wentz, I., 2013. Newborn piglet traits associated with survival and growth performance until weaning. *Prev. Vet. Med.* 110, 206-213.

- Quesnel, H., 2011. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*. 5:10, 1546-1553.
- Quesnel, H., Farmer, C., Devillers, N., 2012. Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. *Livest. Sci.* 146, 105–114.
- Quiniou, N., Dagorn, J., Gaudré, D., 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livest. Prod. Sci.* 78, 63–70.
- Rooke, J.A., Bland, I.M., 2002. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livest. Prod. Sci.* 78, 13-23.
- Rooke, J.A., Carranca, C., Bland, I.M., Sinclair, A.G., Ewen, M., Bland, V.C., Edwards, S.A., 2003. Relationship between passive absorption of immunoglobulin G by the piglet and plasma concentrations of immunoglobulin G at weaning. *Livest. Prod. Sci.* 81, 223-234.
- Xu, R.J., Wang, F., Zhang, S.H., 2000. Postnatal adaptation of the gastrointestinal tract in neonatal pigs: a possible role of milk-borne growth factors. *Livest. Prod. Sci.* 66, 95–107.

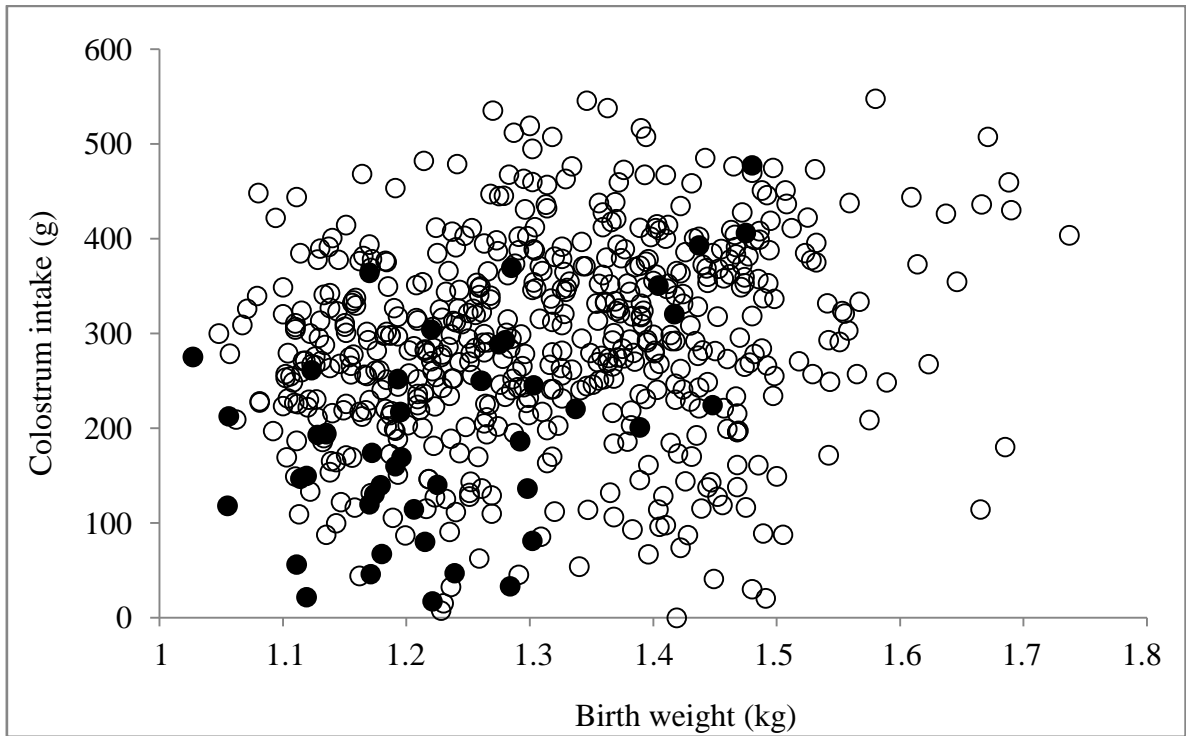


Figure 1: Mortality of piglets until 42 days of age according to birth weight and colostrum intake. White circles represent piglets that were still alive at 42 days of age and black circles represent piglets that died between 24 h after birth and 42 days of age.

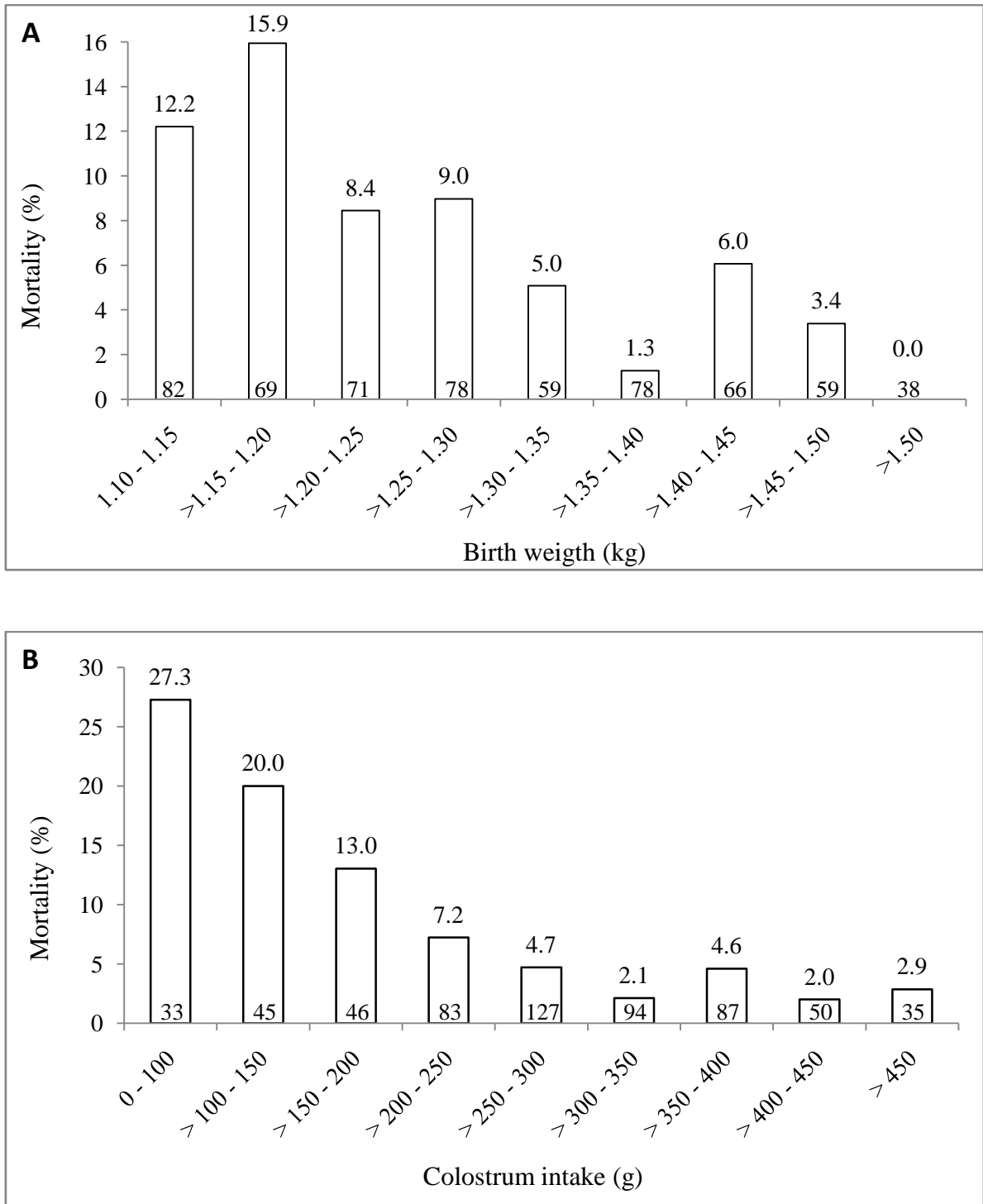


Figure 2: Mortality of piglets until 42 days of age according to classes of birth weight (A) and colostrum intake (B). The numbers of piglets in each class are shown within columns.

Table 1. Odds ratio (OR) of mortality or low performance of piglets until 42 days of age according to colostrum intake and birth weight (groups), and parity order of biological and foster dams.

	n	Mortality			n	Low performance (<9.5 kg)		
		n (%)	OR (95% CI)	P-value		n (%)	OR (95% CI)	P-value
Parity order of the biological dam								
PRIM	300	28 (9.3)	1.5 (0.7-3.1)	0.2944	272	102 (37.5)	1.1 (0.7-1.7)	0.5686
MULT	300	16 (5.3)	1.0	NA	284	93 (32.7)	1.0	NA
Parity order of the foster dam								
PRIM	300	22 (7.33)	1.1 (0.5-2.3)	0.8313	278	116 (41.7)	2.0 (1.3-3.0)	0.0018
MULT	300	22 (7.33)	1.0	NA	278	79 (28.4)	1.0	NA
Groups by birth weight and colostrum intake								
LWLC	21	10 (47.6)	37.2 (10.3- 133.9)	<0.0001	11	8 (72.7)	12.2 (2.8-53.0)	0.0010
LWIC	48	7 (14.6)	6.6 (1.9-22.4)	0.0027	41	20 (48.8)	5.0 (2.4-10.6)	<0.0001
LWHC	82	4 (5.0)	2.4 (0.6-9.3)	0.2138	78	35 (44.9)	3.7 (2.0-6.9)	<0.0001
IWLC	25	7 (28.0)	19.1 (5.1-70.9)	<0.0001	18	10 (55.6)	4.8 (1.6-14.8)	0.0057
IWIC	31	1 (3.2)	1.5 (0.2-13.8)	0.7113	30	13 (43.3)	3.2 (1.4-7.5)	0.0076
IWHC	93	5 (5.4)	2.5 (0.7-9.2)	0.1524	88	40 (45.5)	3.2 (1.8-5.7)	0.0001
HWLC	32	1 (3.1)	1.5 (0.1-13.4)	0.7393	31	10 (32.3)	2.3 (0.9-5.6)	0.0707
HWIC	50	4 (8.0)	3.8 (0.9-15.0)	0.0577	46	15 (32.5)	1.9 (0.9-4.1)	0.0831
HWHC	218	5 (2.3)	1.0	NA	213	44 (20.7)	1.0	NA

PRIM = primiparous sows; MULT = multiparous sows. LW: piglets with birth weight of 1.10–1.2 kg; IW: piglets with birth weight >1.2–1.3 kg; HW: piglets with birth weight >1.3–1.7 kg; LC: piglets with colostrum intake of 0–150 g; IC: piglets with colostrum intake >150–250 g; HC: piglets with colostrum intake >250–550 g.

Table 2. Weight of piglets (kg) until 42 days of age according to birth weight and colostrum intake (LSmeans \pm SEM).

Groups	Weight at birth	Age (days)				
		7	14	20	28	42
LWLC	1.15 \pm 0.014	1.72 \pm 0.32c	3.01 \pm 0.32c	4.27 \pm 0.33e	4.90 \pm 0.34d	8.29 \pm 0.35e
LWIC	1.15 \pm 0.009	2.01 \pm 0.18bc	3.53 \pm 0.18bc	4.93 \pm 0.19de	5.59 \pm 0.19cd	9.12 \pm 0.19d
LWHC	1.14 \pm 0.008	2.15 \pm 0.15bc	3.73 \pm 0.15b	5.17 \pm 0.15bcd	5.94 \pm 0.15bc	9.72 \pm 0.15c
IWLC	1.24 \pm 0.013	1.98 \pm 0.26bc	3.54 \pm 0.26bc	5.06 \pm 0.27bcd	5.51 \pm 0.28cd	9.08 \pm 0.28de
IWIC	1.26 \pm 0.011	2.24 \pm 0.22abc	3.70 \pm 0.22bc	5.04 \pm 0.22bcd	5.82 \pm 0.22bc	9.40 \pm 0.22cd
IWHC	1.25 \pm 0.008	2.32 \pm 0.14abc	3.92 \pm 0.14b	5.34 \pm 0.14bc	6.10 \pm 0.14b	9.70 \pm 0.14c
HWLC	1.42 \pm 0.011	2.26 \pm 0.22abc	3.93 \pm 0.22ab	5.46 \pm 0.22ab	6.15 \pm 0.22b	9.82 \pm 0.22c
HWIC	1.41 \pm 0.009	2.42 \pm 0.18ab	3.97 \pm 0.18ab	5.36 \pm 0.18bc	6.29 \pm 0.18b	10.37 \pm 0.18b
HWHC	1.42 \pm 0.006	2.56 \pm 0.10a	4.26 \pm 0.10a	5.73 \pm 0.10a	6.67 \pm 0.10a	10.97 \pm 0.10a

a, b, c, d, e in the columns indicate differences among groups ($P < 0.05$).

LW: piglets with birth weight of 1.10–1.2 kg; IW: piglets with birth weight >1.2–1.3 kg; HW: piglets with birth weight >1.3–1.7 kg; LC: piglets with colostrum intake of 0–150 g; IC: piglets with colostrum intake >150–250 g; HC: piglets with colostrum intake >250–550 g.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ingestão de colostro e o peso ao nascer são fatores importantes que contribuem para a sobrevivência e desempenho dos leitões. Garantir que os leitões consumam colostro em quantidade suficiente e imediatamente após o nascimento pode contribuir para uma menor taxa de mortalidade na maternidade. A maioria das mortes durante o período de lactação ocorrem na primeira semana de vida dos leitões, sendo associadas principalmente à inanição, sufocamento de leitões e diarreia. Parte destas perdas podem ser evitadas se o leitão adquirir energia e proteção suficiente através do colostro. Além disso, as perdas no sistema produtivo também são relacionadas ao baixo desempenho dos leitões, já que leitões que são desmamados mais leves tendem a ser mais leves também no abate.

A ordem de parto das fêmeas pode influenciar o desempenho dos leitões, porém os leitões nascidos de primíparas podem ter sobrevivência e desempenho semelhantes a leitões oriundos de fêmeas de outras ordens de parto se ingerirem colostro de forma adequada.

O efeito da ingestão de mesma quantidade de colostro difere entre leitões leves e pesados ao nascer, sendo que leitões leves são mais dependentes da ingestão de colostro do que leitões pesados. Esta informação contribui para o sucesso de uma suplementação de colostro, pois fornecendo a quantidade adequada a cada leitão aumenta-se a chance de sobrevivência e melhor desempenho.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BANDRICK, M.; PIETERS, M.; PIJOAN, C.; BAIDOO, S.K.; MOLITOR, T.W. Effect of cross-fostering on transfer of maternal immunity to *Mycoplasma hyopneumoniae* to piglets. **Veterinary Record**, v. 168, 100, 2011.
- 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.
- BÉRARD, J.; PARDO, C.E.; BÉTHAZ, S.; KREUZER, M.; BEE, G. Intrauterine crowding decreases average birth weight and affects muscle fiber hyperplasia in piglets. **Journal of Animal Science**, v.88, p. 3242-3250, 2010.
- BIERHALS, T; HEIM, G; PIUCO, P; WENTZ, I; BORTOLOZZO, F.P. Uso prático do manejo de uniformização de leitegadas. **Acta Scientiae Veterinariae**. 38 (Supl 1), 141-157, 2010.
- BIERHALS, T.; MELLAGI, A.P.G.; HEIM,G.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Performance of litter after crossfostering of piglets between females of parity order 1 and 5. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 39 (1), p. 942, 2011.
- 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.
- 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.
- BLECHA, F. Immunological aspects: comparison with other species. In: VERSTEGEN, M.W.A.; MOUGHAN, P.J.; SCHRAMA, J.W. **The lactating sow**. 1 ed. Wageningen Press, Wageningen, p. 23-44, 1998.
- BOURNE, F.J.; CURTIS, J. The transfer of immunoglobulins IgG, IgA and IgM from serum to colostrum and milk in the sow. **Immunology**, v. 24, p. 157-162 1973.
- 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), 239-244, 1978.
- BURKEY, T.E.; MILLER, P.S.; JOHNSON, R.K.; REESE, D.; MORENO, R. Does dam parity affect progeny health status?. **Nebraska Swine Reports**, v. 36, p. 33-36, 2008.
- CABRERA, R.; LIN, X.; ASHWELL, M.; MOESER, A.; ODLE, J. Early postnatal kinetics of colostrum 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.

CARNEY-HINKLE, E.E.; TRAN, H.; BUNDY, J.W.; MORENO, R.; MILLER, P.S.; BURKEY, T.E. Effect of dam parity on litter performance, transfer of passive immunity, and progeny microbial ecology. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 2885-2893, 2013.

CHARNECA, R.M.C. Estudo de fatores que influenciam a mortalidade de leitões Alentejanos: comparação com um genótipo convencional. 220f. **Tese de Doutorado**. Departamento de Medicina Veterinária, Universidade de Évora, Évora, Portugal. 2010.

CLOSE, W.H.; COLE, D.J.A. **Nutrition of sows and boars**. 1 ed. Nottingham: Nottingham University Press, p. 377, 2001.

DARRAGH, J.A.; MOUGHAN, P.J. The composition of colostrum and milk. In: VERSTEGEN, M.W.A.; MOUGHAN, P.J.; SCHRAMA, J.W. **The lactating sow**. Wageningen Press, Wageningen, The Netherlands, p.3-21, 1998.

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

DEVILLERS, N.; FARMER, C.; LE DIVIDICH, J.; PRUNIER, A. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. **Animal**, v.1:7, p.1033-1041, 2007.

DEVILLERS, N.; LE DIVIDICH, J.; PRINIER, A. Influence of colostrum intake on piglet survival and immunity. **Animal**, v. 5:10, p. 1605-1612, 2011.

DHAKAL, S.; AUCKLAND, C.; HUANG, Y.; AMBROS, B.; DUKE, T.; WILSON, D.G.; FOXCROFT, G.; HARDING, J. Uterine spaciousness during embryo and fetal development in multiparous sows improves birth weight and postnatal growth performance. **Livestock Science**, v. 153, p. 154–164, 2013.

EKSTROM, G.M.; WESTRÖN, B.R. Chatepsin B and D activities in intestinal mucosa during postnatal development in pigs. Relation to intestinal uptake and transmission of macro molecules. **Biology on the Neonatale**, v.59, p. 314-321, 1991.

FARMER, C.; QUESNEL, H. Nutritional, hormonal and environmental effects on colostrum in sows. **Journal Animal Science**, v. 87, p. 56–65, 2009.

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

FIX, J.S.; CASSADY, J.P.; HOLL, J.W.; HERRING, W.O.; CULBERTSON, M.S.; SEE, M.T. Effect of piglet birth weight on survival and quality of commercial market swine. **Livestock Science**, v. 132, p. 98-106, 2010b.

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

FOISNET, G.M.; 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.

FRASER, D.; RUSHEN, J. Colostrum intake by 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. Influência do peso ao nascimento e de lesões orais, umbilicais ou no desempenho de leitões lactentes. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 40, p. 1-7, 2012.

HECK, A. Como prevenir e manejar problemas de leitões refugos na maternidade. **Acta Scientiae Veterinarie**, v. 35 (Supl), p. 37-46, 2007.

HEIM, G.; MELLAGI, A.P.G.; BIERHALS, P.; PIUCO, P.; SOUZA, L.P.; GAVA, D.; CANAL, C.W., BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Absorção de IgG via colostro em leitões biológicos e adotados após a uniformização da leitegada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n.5, p. 1073 -1078, 2011.

HEIM, G.; MELLAGI, A.P.G.; BIERHALS, T.; SOUZA, L.P.; FRIES, H.C.C.; PIUCO P.; SEIDEL, E.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Effects of cross-fostering within 24 h after birth on pre-weaning behavior, growth performance and survival rate of biological and adopted piglets. **Livestock Science**, v. 150, p. 121-127, 2012.

HENDRIX, W.F.; KELLEY, K.W.; GASKINS, C.T., HINRICHS, D. Porcine neonatal survival and serum gamma globulins. **Journal of Animal Science**, v. 47, p. 1281-1286, 1978.

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

HINKLE, E. The effect of dam parity on progeny growth performance, passive immunity, and gastrointestinal microbiota. 136f. **Theses and Dissertations in Animal Science**. University of Nebraska – Lincoln, 2012.

INOUE, T.; KITANO, K.; INOUE, K. Possible factors influencing the immunoglobulin G concentration in swine colostrum. **American Journal Veterinary Research**, v.41, p. 1134-1136, 1980.

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**, v. 104, p. 281-291, 2012.

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

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

KLOPFENSTEIN, C.; FARMER, C.; MARTINEAU, G.P. Diseases of the mammary glands. In: **Diseases of Swine**, 9 ed. USA, Blackwell Publishing, p. 57-85, 2006.

KNOL, E; MATHUR, P; FOXCROFT, G. Birth phenotypes in commercial sows: Origins and implications for future genetic selection and management. **Advances in Pork Production**, v. 21, p. 1-10, 2010.

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.; ROOKE, J. A.; HERPIN, P. Review. Nutritional and immunological importance of colostrum for the new-born pig. **Journal of Agricultural Science**, v. 143, p. 469–485, 2005.

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

MARCATTI NETTO, A. Efeito da uniformização de leitegadas no desempenho de leitões lactentes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 38, p. 413-417, 1986.

MILLIGAN, B.N.; DEWEY, C.E.; GRAU, A.F. Neonatal-piglet weight variation and its relation to pre-weaning mortality and weight gain on commercial farms. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 56, p. 119–127, 2002.

NEAL, M.; IRVIN, K.M. The effects of crossfostering pigs on survival and growth. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 41-46, 1991.

PANZARDI, A.; BERNARDI, M.; MELLAGI, A.P.; BIERHALS, T.; BORTOLOZZO, F.P.; WENTZ, I. Newborn piglet traits associated with survival and growth performance until weaning. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 110, p. 206-213, 2013.

PORTER, P. Transfer of immunoglobulins IgG, IgA and IgM to lacteal secretions in the parturient sow and their absorption by the neonatal piglet. **Biochimica e biophysica acta**, v. 181, p. 381-392, 1969.

QUESNEL, H. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. **Animal**, v. 5:10, p. 1546-1553, 2011a.

QUESNEL, H. Colostrum: role in piglet performance and production by the sow. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 39, p. 1-12, 2011b.

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

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

ROBERT, S.; MARTINEAU, G. P. Effect of repeated cross-fosterings on preweaning behavior and growth performance of piglets and on maternal behavior of sows. **Journal of Animal Science**, v.79, p. 88-93, 2001.

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. Relationship 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.

SALMON, H.; BERRI, M.; GERDTS, V.; MEURENS, F. Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 33, p.384–393, 2009.

SCHNULLE, P.M.; HURLEY, W.L. Sequence and expression of the FcRn in the porcine mammary gland. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 91, p. 227-231, 2003.

SOUZA, L.P. Comportamento e desempenho de leitões leves submetidos à uniformização com leitões de pesos distintos. 71f. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2010.

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.

THORUP, F. Can prolific sows nurse their own progeny?. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PIG REPRODUCTION, 8, 2009, Banff. **Proceedings...Banff**, p. 183, 2009.

TIZARD, I.R. **Imunologia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008, 587 p.

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

WU, W.Z; WANG, X.Q; WU, G.Y.; KIM, S.W; CHEN, F.; WANG, J.J. Differential composition of proteomes in sow colostrum and milk from anterior and posterior mammary glands. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 2657-2664, 2010.

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.