



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DIFERENTES PROTOCOLOS DE
SUPLEMENTAÇÃO DE LEITÕES NA
MATERNIDADE E SEUS EFEITOS
RESIDUAIS NA FASE DE CRECHE**

FERNANDO ZIMMER

CHAPECÓ, 2020.

FERNANDO ZIMMER

**DIFERENTES PROTOCOLOS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LEITÕES
NA MATERNIDADE E SEUS EFEITOS RESIDUAIS NA FASE DE
CRECHE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**

Orientador: Dr. Giovani Paiano

Co-orientadores: Dr. Aleksandro Schafer da Silva
Dr. Fernando de Castro Tavernari

Chapecó, SC, Brasil
2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Zimmer, Fernando
**DIFERENTES PROTOCOLOS DE SUPLEMENTAÇÃO DE
LEITÕES NA MATERNIDADE E SEUS EFEITOS RESIDUAIS
NA FASE DE CRECHE /** Fernando Zimmer. -- 2020.
65 p.

Orientador: Diovani Paiano
Coorientador: Aleksandro Schafer da Silva
Coorientador: Fernando de Castro Tavernari
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2020.

1. Leitegada. 2. Comedouro. 3. Homogenidade. 4. Creep feed. 5.
Leite. I. Paiano, Diovani . II. Schafer da Silva, Aleksandro. de
Castro Tavernari, Fernando. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Titulo.

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

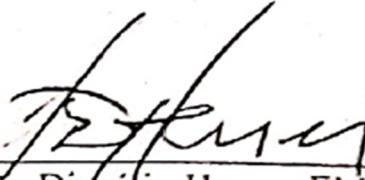
**DIFERENTES PROTOCOLOS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LEITÕES
NA MATERNIDADE E SEUS EFEITOS RESIDUAIS NA FASE DE
CRECHE**

Elaborada por
Fernando Zimmer

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:


Dr. Diovani Paiano - UDESC


Dr. João Dionísio Henn – EMBRAPA


Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho - UNIOESTE

Chapecó, 20 fevereiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Claudete Galon Zimmer e Jair Camilo Zimmer, meu Irmão Anderson Zimmer e a Amanda Pedro ao confiar em mim e por todo o apoio ao longo desses anos, por toda confiança e pelos bons valores, mesmo com dificuldade sempre com cabeça erguida.

Ao meu orientador desde a graduação Dr. Diovani Paiano. Agradeço por me apoiar nas minhas decisões, pela confiança e por toda ajuda nesses dois anos inclusive com ótimos conselhos e ensinamentos. Sempre um grande prazer poder compartilhar de seu conhecimento e ensinamentos.

Ao meu co-orientador Dr. Aleksandro Schafer da Silva por todo apoio, sempre atencioso com todas as dúvidas. Além de um grande amigo e parceiro de estudos, agradeço muito por tudo.

Aos colegas de laboratório (LANA e Grupo de Pesquisa GAVA - Oeste), por toda a ajuda e apoio, sem vocês não conseguiria nada.

As empresas parceiras envolvidas no projeto, especial a Seara Alimentos LTDA, Nutriffed e Friesland Campina, por tudo, instalações, animais, suplemento e apoio necessário para a realização do estudo. Agradeço muito a eles.

Agradeço em especial a FAPESC/CAPES pela concessão de bolsa de estudos, pois sem ela seria muito complicado poder me dedicar ao máximo ao estudo.

Aos professores do PPGZOO – UDESC por vários ensinamentos e sempre atenciosos com todas as dúvidas e questionamentos.

Aos amigos que fiz em Chapecó e que sempre me apoiaram em tudo.
Enfim, a todos que me apoiaram.

Muito obrigado!!!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

DIFERENTES PROTOCOLOS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LEITÕES NA MATERNIDADE E SEUS EFEITOS RESIDUAIS NA FASE DE CRECHE

AUTOR: Fernando Zimmer
ORIENTADOR: Dr. Diovani Paiano
Chapecó, 20 de fevereiro de 2020

O aumento da prolificidade das fêmeas suínas teve como consequência o aumento do número de leitões de baixo peso ao nascimento. A suplementação líquida pode diminuir o problema apontado, pois com a maior ingestão de nutrientes na fase de lactação (via suplementação) poderá diminuir a concorrência entre os leitões, resultar em maior média de peso no desmame, diminuir a mortalidade e aumentar a homogeneidade da leitegada suplementada. Desta forma foi realizado um trabalho para avaliar os efeitos da suplementação no período de lactação sobre o desempenho zootécnico dos leitões na fase de maternidade e os efeitos residuais na fase de creche. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com cinco tratamentos: WC (Without Creep); DCF (Dry creep feed); WCF (Wet creep feed); LD (Additional liquid creep with automatic feed dispenser plus DFS); LLF (Additional liquid creep with linear feeder plus DFS). Foram selecionadas 10 leitegadas por tratamento perfazendo 50 fêmeas. As leitegadas após a homogeneização apresentaram média de $12,87 \pm 1,20$ leitões e peso corporal de $1,47 \pm 0,20$ kg. As pesagens e as coletas de sangue (para AST, Glicose, Colesterol, Triglicerídeos, Albumina, Proteína total, Globulinas e Ureia) foram realizadas semanalmente ao nascimento, 7, 14 dias e no desmame aos 21 dias, assim como o consumo de ração e o consumo do suplemento. Para a fase de creche foram utilizados cerca de 50% dos leitões da fase anteriores quais foram alojados em baias coletivas (5 baias para cada tratamento) com vistas a avaliar o desempenho subsequente. No 14º dia de lactação, o tratamento LD (4,20 kg) aumentou PC quando comparado com DCF (3,93 kg), WCF (3,69 kg) e LLF (4,00 kg), mas não diferiu do WC (4,09 kg). No desmame da WC (5,22 kg), a LD (5,32 kg) e a LLF (5,27 kg) apresentaram maior PC em relação ao DCF (4,97 kg) seguido pelo WCF (4,69 kg). Não houve efeitos sobre o desempenho residual na creche e associamos o resultado ao desempenho compensatório ou às condições ambientais da unidade de produção de suínos. O uso de ração seca com suplementos líquidos não promoveu aumento no ganho de peso em relação ao tratamento sem uso de ração seca para leitegadas de até 12,9 leitões. Os diferentes sistemas de arraçoamento não influenciaram o peso e o desempenho na fase subsequente. A suplementação minimizou os indicadores de lesão hepática no pós-desmame.

Palavras chave: leitegada, comedouro, homogeneidade, *creep feed*, leite.

ABSTRACT
Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

PERFORMANCE OF PIGS IN MATERNITY AND NURSERY SUPPLEMENTED WITH LIQUID DIETS IN DIFFERENT FEEDERS IN THE MATERNITY PHASE

AUTHOR: Fernando Zimmer
ADVISOR: Dr. Dióvani Paiano
Chapecó, February 20th, 2020

Feeding piglets can decrease competition between them and improve the piglet body weight (BW) at weaning. The objective of this work was to assess the effects of different piglet creep feed (CF) in zootecnical performance at suckling and residual effects at nursery phase. We used a completely randomized design with five treatments: WC (Without Creep); DCF (Dry creep feed); WCF (Wet creep feed); LD (Additional liquid creep with automatic feed dispenser plus DFS); LLF (Additional liquid creep with linear feeder plus DFS). We used 50 sows (10/treatment), the litters were cross fostering until 2 days old (12.9 ± 1.2 piglets/litter and 1.47 ± 0.20 kg). The treatment DCF received CF with 941, 221 and 66 g.kg^{-1} of dry matter, crude protein and crude fat, respectively, for WCF the same diet was previously diluted in water at 3:1, the feeding started at 7 days old until weaning. For ALD and ALL we used additional CF ($962, 199, 231 \text{ g.kg}^{-1}$ of dry matter, crude protein and crude fat, respectively) diluted in water at 7:1, started at 2 days old and finish one week before the weaning. The piglets were weighted at born, 7, 14 and 21 days old. At weaning (21 days) $\pm 50\%$ of piglets, of each treatment, were randomly allotted in five pens (9 pigs/pen) to assess the residual effects in nursery performance (7, 20, 36 and 47 days after weaning). In the 14° suckling day the treatment ALD (4.20 kg) increased BW when compared with DCF (3.93 kg), WCF (3.69 kg) e ALL (4.00 kg), but did not differ from WC (4.09 kg). At weaning WC (5.22 kg), ALD (5.32 kg) and ALL (5.27 kg) showed bigger BW than DCF (4.97 kg) followed by WCF (4.69 kg). The residual performance at nursery was the same for all and we associated it with compensatory performance or environmental farm conditions. ALD improve piglet BW at 14 days old, because this we recommend in future studies extend the use until weaning. The different CF protocols influence the piglet BW and DCF and WCF treatments showed the worst results when compared with additional liquid creep and WC, but the performance in the nursery phase was similar.

Keywords: litter, feeder, homogeneity, creep feed, milk.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Dry bulb temperature (DBT), Relative Humidity (RH), Temperature and humidity index (THI) in farrowing facilities.....	45
Figura 2 Dry bulb temperature (DBT), Relative humidity (RH), Temperature and humidity index (THI) in nursery facilities and lower critical temperature (LCT).....	46
Figura 3 Supplement intake (mL.days ⁻¹) Treatment D – DF + Supl. (D), e Treatment E - DF + Supl. (C).....	47
Figura 4 Daily feed intake (suckling phase) of piglets – treatments (B - Dry Feed, C – Wet Feed, D – DF + Supl. (D), e E - DF + Supl. (C)). (Valores observados± DP)	48
Figura 5 Serum biochemical of the piglets (n= 20 per treatment) of 7, 14 e 21 days under different feed protocols.....	49
Figura 6 Parameters serum biochemical indices of the piglets in a nursery phase of 3 and 47 days under different feed protocols across suckling phase.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Ingredient and nutrient composition of experimental diets in nursery phase.....	51
Tabela 2 Body weight (BW), piglet survival rate (%) and coefficient of variation (CV) of piglets under different feed protocols	52
Tabela 3 Serum biochemical of the piglets (n= 20 per treatment) of 7, 14 e 21 days under different feed protocols	53
Tabela 4 Weight gain of piglets, Feed intake and feed:gain ratio of piglets in nursery phase under different feed protocols across the suckling phase	54
Tabela 5 Serum biochemical of the piglets in a nursery phase of 3 and 47 days under different feed protocols across suckling phase	55
Tabela 6 Behavior of piglets (%) after weaning and transfer to the nursery on day 2	56

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1- CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO	ANIMAL
.....	64
ANEXO 2- EQUIPAMENTOS PARA FORNECIMENTO, A- TIPO CALHA E B TIPO DISPENSER (<i>PROSPER</i>)® PARA ALIMENTAÇÃO LÍQUIDA DE LEITÕES NA FASE DE MATERNIDADE.	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos específicos	15
CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA:.....	16
DIFERENTES PROTOCOLOS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LEITÕES NA MATERNIDADE E SEUS EFEITOS RESIDUAIS NA FASE DE CRECHE	16
3.1 INTRODUÇÃO.....	16
3.2 SELEÇÃO DE MATRIZES PARA PROLIFICIDADE	17
3.3 SUPLEMENTAÇÕES DE LEITÕES	18
3.4 DISPENSER PARA FORNECIMENTO DE DIETAS LÍQUIDAS	19
3.5 SUPLEMENTOS UTILIZADOS PARA O LEITÃO	20
3.6 INDICADORES E EFEITOS SOBRE AS VARIÁVEIS SÉRICAS.....	22
3.7 DESEMPENHO DO LEITÃO SUBSEQUENTE AO DESMAME.....	23
3. CAPÍTULO II	24
MANUSCRITO I.....	25
Different protocols for piglet creep feeding in the farrowing stage and residual effects in the nursery phase	25
ABSTRACT	26
4.1 INTRODUCTION.....	27
4.2 MATERIAL E METHODS	29
4.2.1 Farrowing Housing	29
4.2.2 Sows and litter management	29
4.2.3 Treatments.....	30
4.2.4 Farrowing stage	31
4.2.5 Nursery stage.....	31
4.2.6 Post-weaning variables	32
4.2.7 Statistical analysis	32
4.3 RESULTS	34
4.3.1 Farrowing stage	34
4.3.2 Nursery stage.....	35
4.4 DISCUSSION	35
4.4.1 Farrowing phase	35
4.4.2 Nursery phase	38
4.5 CONCLUSIONS	40
4.6 CONFLICT OF INTEREST.....	40

4.7 ACKNOWLEDGEMENTS	40
4.8 REFERENCES.....	41
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5. REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura Brasileira em especial a suinocultura Catarinense, está em busca de melhorias na produção, na lucratividade e no Bem-estar animal o que oferece grandes oportunidades para o desenvolvimento de novos manejos, novas vacinas, novos programas nutricionais, novos equipamentos ou mesmo a melhora nos manejos já comuns na suinocultura.

Dentre as ferramentas para melhorar a produção está o melhoramento genético. As empresas de genética suína disponibilizam anualmente no mercado linhagens mais produtivas, as quais promoverão ótimos índices de nascidos vivos por fêmea/ano.

A seleção para fêmeas suínas com leitegadas mais numerosas tem resultado em granjas com médias superiores a 30 leitões por fêmea no ano. Assim como as fêmeas são selecionadas para maior produtividade reprodutiva, o rebanho também é selecionado para melhorar o ganho de peso e a conversão alimentar. Entretanto, a produção de leite das porcas, associado com o aumento das exigências nutricionais de leitões mais produtivos pode levar os leitões a uma grande restrição do seu potencial genético de crescimento.

Dentro deste contexto, a suplementação com sucedâneos lácteos, sólidos ou líquidos na fase de aleitamento dos leitões, tem surgido como uma importante estratégia para ajudar as fêmeas no atendimento da demanda nutricional dos leitões. Além de auxiliar as matrizes suínas, a suplementação também auxilia, em especial, os leitões de baixa viabilidade (leitões com peso ao nascer inferior a 1,1 kg), pois os mesmos têm dificuldade de competir com os irmãos e são mais propensos a mortalidade.

Esses produtos lácteos, como leite em pó e soro de leite, surgem como alternativa pois possuem alta palatabilidade e qualidade nutricional. A fração proteica presente no soro de leite não está relacionada apenas à sua elevada digestibilidade e palatabilidade, mas também à sua alta concentração de imunoglobulinas. Um composto muito desejado nesses suplementos é a lactose, excelente fonte energética, que contribui também para reduzir o pH do estômago dos leitões.

Os sucedâneos a base de lácteos são uma boa alternativa para minimizar o problema pois possuem alto valor nutricional e alta palatabilidade. Também são caracterizados como uma excelente fonte de energia pois possuem alta concentração de lactose. A lactose é um açúcar muito importante na nutrição do leitão pois é o mesmo açúcar que ele recebe

naturalmente quando ingere o leite materno. Os derivados lácteos também apresentam proteínas de excelente qualidade, alta digestibilidade e de alto valor biológico. Os derivados lácteos quando comparados a outros alimentos possuem melhor a digestibilidade, facilitam a acidificação do intestino e promovem uma melhor saúde intestinal com ou todo.

No mercado existem disponíveis vários tipos de suplementos lácteos desenvolvidos para a fase de aleitamento do leitão. As recomendações de uso são muito variáveis dependendo da marca, algumas marcas recomendam o fornecimento a partir do 2º dia de vida, podendo ser estendido até a primeira semana pós-desmame. Mas, o mais comum, são recomendações de fornecimento a partir da segunda semana de vida do leitão.

De forma geral, os sucedâneos visam preparar o leitão para a transição da alimentação baseada no leite (alimento de alto valor nutricional) para a alimentação na forma sólida ou úmida (geralmente baseada em alimentos de menor valor nutricional) o que é benéfico para minimizar o estresse do desmame do leitão.

Adicionalmente, deve ser considerado que os suplementos possuem um custo elevado e que devem ser avaliados para a sua recomendação. Outro ponto importante no uso dos suplementos é o tipo de comedouro, pois o consumo de um suplemento de excelente qualidade pelo leitão pode ser limitado por um comedouro mal dimensionado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos de diferentes protocolos de suplementação a suplementação com creep sólido ou líquido para leitões após o nascimento sobre o desempenho, variáveis sanguíneas e desempenho subsequente na creche dos leitões.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar efeitos do alimentador do tipo *dispenser* em realidade de granja comercial sobre as variáveis zootécnicas;
- Avaliar como a suplementação e o tipo de comedouro influenciaram os níveis séricos de ureia, proteínas totais, albumina, globulinas, colesterol total, glicose, triglicerídeos e AST (Aspartato aminotransferase) para leitões na maternidade e fase de creche;
- Avaliar os efeitos da suplementação sobre as variáveis de desempenho zootécnico subsequente ao desmame;

CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA:

DIFERENTES PROTOCOLOS DE SUPLEMENTAÇÃO DE LEITÕES NA MATERNIDADE E SEUS EFEITOS RESIDUAIS NA FASE DE CRECHE

Fernando Zimmer

3.1 INTRODUÇÃO

Linhagens modernas de suínos, selecionadas para alta produtividade, tendem a ter leitões com menor peso médio ao nascer, aumento na competição entre os leitões no período de lactação e aumento da variação de peso dos leitões ao nascer e ao desmame (QUESNEL et al., 2008; ZOTTI et al., 2017). Leitões leves considerados abaixo de 800 gramas, mesmo que provenientes de fêmeas saudáveis, geralmente são consequência de menor aporte de nutrientes recebidos no período gestacional. Possuem órgãos internos menores, características que os assemelham a animais prematuros, o que dificulta a adaptação ao ambiente da granja e favorece a ocorrência de doenças (BAXTER et al., 2008; PANZARDI et al., 2013). Como resultado, esses animais apresentam menores reservas e demoram a iniciar a primeira mamada com aumento da mão de obra com o leitão. Hales et al. (2013) observaram que quanto menor o peso ao nascimento do leitão, maiores são as chances de morte por esmagamento ou por desnutrição nas primeiras horas, leitões com sinais de limitação no crescimento intrauterino tiveram aproximadamente 1,8 vezes maior risco de morte pós-nascimento do que os leitões de aparência normal.

Como estratégias de manejos na granja, a suplementação líquida (láctea) pode ser um fator relevante para diminuir os problemas apontados, pois como hipótese a maior ingestão de nutrientes na fase de lactação (via suplementação) poderá diminuir a concorrência entre os leitões, resultar em maior média de peso no desmame (AZAIN et al., 1996, NOVOTNI-DANKÓ et al., 2015). Douglas et al. (2014) utilizaram suplementação líquida para leitões e observaram que não houve diferença nas taxas de mortalidades e redução na variação de peso da leitegada suplementada, mas sem efeitos no ganho de peso.

O tipo de comedouro pode influenciar o consumo de alimento, bem como a quantidade de desperdício gerado. Em um estudo no qual foi disponibilizado suplemento para leitões entre 18 e 21 dias de idade, em três diferentes tipos de comedouros: comedouro tipo bandeja, comedouro circular ou comedouro circular com aro giratório, Sulabo et al. (2010a e b)

verificaram que comedouro circular com aro giratório proporcionou maior consumo de ração que os demais, pelo fato de possuir um modelo diferenciado e evitar desperdícios e reduzir contaminação. Adicionalmente, a experiência prévia do leitão em alimentar-se em comedouros não foi muito bem explorada em estudos anteriores e poderá favorecer maior consumo de ração no pós-desmame e diminuir os efeitos adversos relacionados ao manejo de desmame como estresse, diarreia nutricional e comprometimento do bem-estar animal.

3.2 SELEÇÃO DE MATRIZES PARA PROLIFICIDADE

O incremento no tamanho da leitegada em fêmeas suínas foi resultado do trabalho de melhoramento genético e é um ponto positivo na suinocultura. Porém, este aumento na produtividade teve como consequência o aumento do número de leitões de baixo peso ao nascimento (BEAULIEU et al., 2010), juntamente com uma maior variabilidade de peso dentro destas leitegadas (QUINIOU et al., 2002).

O melhoramento genético da suinocultura para aumento em prolificidade de fêmeas (MARANTIDIS et al., 2013) associado com melhorias no manejo e nutrição tem melhorado substancialmente o número de leitões nascidos. Conforme dados da AGRINESS (2018), em sua primeira avaliação sobre a média da produtividade de fêmeas suínas no Brasil, no ano de 2008 foi obtido média de 24,8 leitões desmamados fêmea ano (DFA) e em sua última avaliação no ano de 2018 a média foi de 27,99 DFA. Embora, o aumento do número de nascidos seja positivo, o mesmo resulta em maior variabilidade e o menor média de peso ao nascer (QUESNEL et al., 2008).

Entre as causas de baixo peso ao nascer e alta heterogeneidade entre leitegadas, está a ordem de parto das fêmeas como um dos fatores envolvidos, juntamente com a adequada nutrição da fêmea, preparação da marrã para ser reprodutora e controle do score corporal durante a gestação, lactação e pós desmame. Sabe-se que as diferenças fisiológicas entre fêmeas primíparas e pluríparas afetam o desenvolvimento neonatal de leitões (DA SILVA et al., 2013). Evidências mostram que os leitões podem neutralizar parcialmente as deficiências do peso leve ao nascer no desempenho do crescimento durante o período pós-natal (ZOTTI et al., 2017).

De maneira geral, nos trabalhos que utilizam a classificação de peso de leitões ao nascimento, os autores denominam como leitões de baixo peso ao nascimento aqueles que nascem com pesos abaixo de 1,25 kg (MORISE et al., 2008; DOUGLAS et al., 2014). Estes leitões podem nascer com menor vitalidade tendo maior dificuldade em buscar e ingerir

colostro e também por terem menor reserva de energia corporal (BAXTER et al., 2008). A taxa de mortalidade destes leitões é de aproximadamente 30% podendo chegar a 2/3 em leitões que apresentam peso abaixo de 0,8 kg ao nascimento (MORISE et al., 2008).

Leitões que nascem com peso abaixo de 1 kg possuem alta taxa de mortalidade neonatal no qual o momento mais crítico são as primeiras 72 h pós-nascimento (SHANKAR et al., 2009; FURTADO et al., 2012). Hales et al. (2013) em um estudo em que avaliaram características físicas associadas a subnutrição do leitão no período gestacional, verificaram que os leitões com sinais de limitação no crescimento intrauterino apresentaram cerca de 1,8 vezes taxa de mortalidade até o desmame quando comparados aos leitões de aparência normal. Da mesma forma Ferrarri et al. (2014), ao avaliarem o peso ao nascer e a ingestão de colostrum sobre a mortalidade, verificaram que leitões com ingestão de colostrum acima de 400 g no primeiro dia pós-nascimento apresentaram mortalidade inferior a 3% enquanto que leitões que ingeriram menos do que 100 g apresentaram mortalidade de 27%.

Em um trabalho para avaliar o desenvolvimento embrionário e o consequente peso ao nascer sobre o desenvolvimento pós-natal. Alvarenga et al. (2013) verificaram que leitões de alto peso ao nascer (1,93 kg) quando comparado a leitões de baixo peso (1,09 kg) apresentaram cerca de 8 kg a mais de peso corporal aos 150 dias de idade. Outro fator é que 20 a 25% da variação do peso dos leitões em sua vida, está relacionado com o peso de nascimento, que por sua vez afeta a homogeneidade do lote até o abate (LÓPEZ-VERGÉ et al., 2018).

3.3 SUPLEMENTAÇÕES DE LEITÕES

O colostrum é uma rica fonte de nutrientes de alta digestibilidade e de diversos compostos bioativos, como imunoglobulinas (especial as IgA e IgG), enzimas (lisozimas) e fatores de crescimento intestinal (oligossacarídeos) (WU et al., 2010). O principal componente proteico do colostrum são as imunoglobulinas, as quais têm sua concentração reduzida gradativamente após o parto (VALLET et al., 2013). O tipo de placenta da espécie suína, é epiteliocorial difusa (MIGLINO et al., 2001), a qual impede a passagem de imunoglobulinas no período de gestação, de forma que a ingestão do colostrum é a única fonte de imunoglobulinas para o leitão (SVENDSEN et al., 2005), além da fonte de nutrientes pós nascimento, visto que as reservas corporais do leitão são baixas ao nascimento.

Ao parto, o colostrum possui em sua composição, em média, 26,7% de sólidos totais; 16,6% de proteínas; 6,4% de gordura e 2,8% de lactose. A energia bruta do colostrum logo após o parto é de aproximadamente 1,6 kcal/g, permanecendo em nível relativamente elevado até o

terceiro dia de lactação (HURLEY, 2015), sendo que desta quantidade de energia, o colostro possui um valor aproximado de 1,49 kcal de energia metabolizável/g, com a eficiência de utilização de 91%, totalizando cerca de 1,35 kcal energia líquida/g (LE DIVIDICH et al., 1994; LE DIVIDICH et al., 2005; HURLEY, 2015).

Os três primeiros dias de vida constituem a fase mais crítica, relacionado ao desafio da manutenção do balanço energético, para o qual a fonte de energia é rapidamente substituída de carboidratos no útero, por lipídeos predominantes no leite. O conteúdo de lipídeos no leite das porcas aumenta de 6% ao nascimento para 10% nas primeiras 24 horas de vida, e constitui 60% da energia contida no leite, o que indica que esse nutriente é a principal fonte de energia para leitões logo após o nascimento (LIN et al., 2015), portanto deve ser consumido na quantidade adequada.

Quanto a produção de colostro e leite é importante salientar que fêmeas primíparas tem uma produção e qualidade menor em relação às multíparas (DEVILLERS et al., 2007) de forma que a proteção imunológica obtida pela leitegada de porcas multíparas pode ser maior do que em porcas primíparas (resultado de maior experiência imunológica no decorrer da sua vida) o que pode resultar em menor mortalidade e maior performance antes do desmame (FERRARI et al., 2014). Destacamos que a taxa de sobrevivência e o desempenho do leitão no pós-desmame é uma característica de baixa herdabilidade, portanto relacionada principalmente aos fatores ambientais como nutrição, sanidade, manejo e instalações (QUESNEL et al., 2012).

3.4 DISPENSER PARA FORNECIMENTO DE DIETAS LÍQUIDAS

O comedouro pode influenciar o consumo de alimento, bem como a quantidade de desperdício gerado. Sulabo et al. (2010c) disponibilizaram *creep feed* para leitões entre 18 e 21 dias de idade, (comedouro tipo bandeja, comedouro circular ou comedouro circular com aro giratório) e verificaram que o design dos comedouros influencia o acesso dos animais ao alimento e foi um dos fatores determinantes do consumo.

Comedouros tipo bandeja são desenvolvidos para que vários leitões se alimentem ao mesmo tempo, em um comportamento similar ao posicionamento junto aos tetos da mãe durante a mamada. No entanto, os animais, muitas vezes, posicionam-se lateralmente ao comedouro, impedindo o acesso dos demais.

Destacamos que em nosso levantamento bibliográfico não encontramos trabalhos no qual o alimentador proposto (tipo *dispenser*) foi avaliado. Partindo do exemplo de Sulabo et al. (2010a e b) que apontaram que o tipo de comedouro usado pode influenciar o consumo,

desperdício e até contaminação do suplemento por insetos ou outros elementos, estudos com novos tipos de comedouros são relevantes para a lucratividade na produção de suínos. Com base no alto custo de suplementos para leitões na fase de maternidade, comedouros mesmo que benéficos, sob o aspecto desempenho, podem inviabilizar economicamente a suplementação quando resulta em demasiadas perdas.

3.5 SUPLEMENTOS UTILIZADOS PARA O LEITÃO

Um dos principais objetivos com a suplementação é adaptar o trato digestório do leitão à alimentação sólida e aos ingredientes convencionais das dietas como milho e soja, por meio do desenvolvimento dos órgãos secretores de enzimas digestivas.

Os produtos lácteos como o soro de leite, efluente residual da fabricação do queijo, pode ser utilizado na sua forma natural líquida (integral) na alimentação dos suínos, sendo indicada a adição em rações iniciais. Lima et al. (2012) afirmam que o soro de leite e a lactose, constituem-se em alimentos utilizados com bons resultados no desempenho pós-desmame.

Os sucedâneos lácteos disponíveis comercialmente geralmente usam produtos lácteos bovinos, como soro de leite, lactose e leite desnatado, como ingredientes principais. Um substituto de leite típico tem uma constituição de 25% de proteína bruta, 40-50% de lactose e 10-12% de lipídios (na base de matéria seca), com taxas de mistura que variam entre 150 e 250 g/L (AZAIN., 1998).

Por causa da alta palatabilidade e alto valor nutricional (ingredientes de alta digestibilidade), os produtos lácteos auxiliam a minimizar as dificuldades decorrentes do desmame dos leitões, o que poderia estar relacionado, além de sua ação palatabilizante, à sua fermentação e consequente acidificação do trato digestório, com melhor ação das enzimas digestivas e promoção do equilíbrio da microbiota intestinal por meio da inibição do crescimento de bactérias patogênicas uma vez que favorecem o crescimento de bactérias acidófilas benéficas, como os *Lactobacillus* (FERNANDES; MIRANDA, 2013).

Decaluwé et al. (2013) relatam que um terço das fêmeas suínas não produz colostro suficiente para garantir a saúde e a sobrevivência dos leitões, por isso é importante dispor de estratégias de suplementação oral de fontes nutritivas, já nas primeiras horas de vida, para os leitões de baixo peso ao nascimento e relatam a redução do risco de mortalidade com a suplementação de leitões neonatos com fontes energéticas (ricas em ácidos graxos) nas 12 primeiras horas após o nascimento ou nos primeiros três dias de vida.

Os lipídeos da dieta são absorvidos da mucosa intestinal para o sistema linfático, exceto os ácidos graxos de cadeia média e curta (menos de 12 carbonos) os quais são absorvidos diretamente pela circulação portal (LEPINE et al., 1989) o que os torna uma fonte de energia facilmente disponível para leitões recém-nascidos. Alguns óleos vegetais como o óleo de coco melhoram o aporte energético (SANTOS et al., 2015) e o sistema imune de leitões de baixo peso (TURNER et al., 2016). Declerck et al. (2016) e Muns et al. (2017) verificaram que a suplementação energética de leitões neonatais de baixo peso ao nascer melhora as taxas de sobrevivência e de crescimento.

Os altos níveis de lactase no intestino delgado dos leitões nos primeiros dias de vida é um bom indicativo para o uso de suplementos lácteos como opção alternativa de energia (XU e CRANWELL., 2003). Outra possibilidade é o incremento de aminoácidos, uma vez que esses nutrientes têm mostrado eficiência na melhoria do desempenho e imunidade, já que o colostro nem sempre chega a suprir a totalidade das exigências (XU e CRANWELL., 2003; WU et al., 2004).

A forma física da dieta mostra diferentes impactos no desempenho de crescimento de leitões desmamados e também são um dos fatores que estão envolvidos na regulação de ingestão de energia por leitões (LI; PATIENCE, 2017). Além da moagem, vários métodos de processamento que determinam a forma física das dietas estão disponíveis comercialmente, como granulação, extrusão, expansão e uma combinação desses métodos (MAZUTTI et al., 2017). Aos 14 dias após o desmame, os suínos alimentados com as dietas líquidas foram 21% mais pesados e tiveram 44% maior ganho de peso diário do que os suínos alimentados com dieta nutricionalmente idêntica na forma de pellets secos (KIM, 2001), no mesmo experimento os autores verificaram que a maior vantagem foi nos primeiros dias pós desmame com taxa de crescimento quatro vezes superior para os leitões alimentados com dieta líquida (248 vs. 64 g/d). A suplementação láctea quando usada como uma estratégia na fase de lactação, promoveu maior ingestão de nutrientes, diminuiu a concorrência entre os leitões e melhorou o peso ao desmame (AZAIN et al., 1996; NOVOTNI-DANKÓ et al., 2015; DOUGLAS et al., 2014).

Em relação aos aminoácidos a arginina é um aminoácido condicionalmente nutricional importante para o recém-nascido, via leite os leitões ingerem cerca de $\leq 1,01$ g/dia, enquanto as exigências de um leitão de 7 dias é de aproximadamente $\geq 2,7$ g/dia (WU et al., 2004) o que indica alta síntese endógena desta aminoácidos. A arginina tem importante função para leitões neonatos por ser um precursor para a síntese de creatina, prolina, glutamato, poliaminas além de versatilidade metabólica e regulatória nas células.

Kim e Wu (2004) verificaram melhor crescimento em leitões com fornecimento de L-glutamina e Wu et al. (2011) verificaram que leitões com restrição de crescimento intrauterino, suplementados com L-glutamina por via oral (1 g/kg/dia) entre o dia 0 e o dia 21 de idade, mostraram melhor ganho de peso (167 g/dia vs. 144 g/dia) com redução da mortalidade pré-desmame (22% vs. 42%).

3.6 INDICADORES E EFEITOS SOBRE AS VARIÁVEIS SÉRICAS

Variáveis sanguíneas de um indivíduo podem indicar o status metabólico do animal. (NICHOLSON et al., 2012). Dentre as variáveis sanguíneas destaca-se a ureia, resultado da catabolização de aminoácidos em mamíferos (MEIJER et al., 1990), no ciclo da ureia o nitrogênio proveniente do grupo amino dos aminoácidos é convertido em amônia e na sequência em ureia, via ciclo da ureia, para sua posterior eliminação via urina. Alterações no nível normal de ureia no sangue significam possíveis distúrbios nos sistemas circulatório renal, hepático, nervoso e sanguíneo, destacando a importância do monitoramento do nível de ureia no sangue (DERVISEVIC et al., 2017). Além disso, níveis elevados de ureia no sangue podem indicar a má qualidade nutricional da proteína da dieta, desbalanços nutricionais ou estados de catabolização de proteínas.

Também como variável importante a albumina é o principal componente proteico do soro e está envolvida em múltiplas funções como a manutenção da pressão osmótica e viscosidade do sangue, transportes de nutrientes, metabólitos, hormônios e produtos de excreção, regulação do pH sanguíneo e participação na coagulação do sangue (GONZALEZ; SILVA, 2003) e alterações em seus níveis em especial redução podem representar lesões hepáticas ou renais.

Um importante marcador correlacionado com às disfunções hepáticas é a aspartato aminotransferase (AST), por ser uma enzima citoplasmática e mitocondrial presente em vários tecidos como fígado, músculos esquelético e cardíaco (TENNANT, 1997). Tennant (1997) salienta que em todas as espécies domésticas a atividade da AST é alta no fígado, portanto, em situações de lesão hepática aguda ou crônica, as concentrações séricas de AST serão elevadas. A atividade AST existe em múltiplos tecidos, mas os principais são o fígado e o músculo (GRUNKEMEYER, 2010; CAPITELLI & CROSTA, 2013). A sua função é catalizar a transaminação de L-aspartato e 2-oxoglutarato a oxalacetato e glutamato (EVANS, 2009).

3.7 DESEMPENHO DO LEITÃO SUBSEQUENTE AO DESMAME

Em sistemas com alta produtividade de suínos é comum leitões de baixo peso, os quais, tendem a apresentar crescimento inferior, com menor peso ao abate ou maior tempo de alojamento. Para maximizar o crescimento dos leitões de baixo peso ao nascimento e reduzir a variabilidade de peso, é preciso renovar o foco com novas estratégias nos estágios iniciais de produção visando minimizar o problema (PLUSKE et al., 2005; DOUGLAS et al., 2013; BEAULIEU et al., 2010).

Douglas et al. (2014) observaram que a suplementação com sucedâneo lácteo, para leitões de baixo peso, não afetou o peso de leitões e o coeficiente de variação do peso até os 150 dias de vida. No entanto, houve uma interação entre peso ao nascer e suplementação de leite para o CV do peso corporal durante todos os dias examinados. Necessitando mais estudos para explicar essa interação, porque nesse caso a uniformidade causada pela interação é uma variável importante nos sistemas de produção de suínos.

Na fase de creche o desafio é maior quando os leitões são provenientes de leitegadas de menor peso e desuniformes. Fix et al. (2010) em seus estudos concluíram que o peso de nascimento de suínos afeta as características de crescimento muscular, durante sua fase de crescimento e que os leitões com baixo peso ao nascer, ganham menos peso durante todas as fases de produção com menor área do músculo longíssimo.

Os resultados obtidos por Fix et al. (2010) indicam a necessidade de maior atenção para o peso de nascimento e em estratégias para minimizar as diferenças, como abordado previamente o baixo peso é uma consequência negativa relacionado às leitegadas numerosas.

1 **3. CAPÍTULO II**

2
3 Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de um manuscrito, com sua
4 formatação de acordo com as orientações da revista em que será submetido:

5
6 **Arquivos de Nutrição Animal**
7 **Archives of Animal Nutrition**
8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

1

2

MANUSCRITO I**3 Different protocols for piglet creep feeding in the farrowing stage and residual effects in
4 the nursery phase**

5

6 Fernando Zimmer¹, Gabriela M. Galli¹, Davi F. Alba¹, Giovanna Fiordalisi², Hiam J.
7 Marcon², Luis Gustavo Griss², Keysuke Muramatsu³, Aleksandro S. Da Silva^{1,2}, Diovani
8 Paiano^{1,2*}

9

10 ¹Graduate Program in Animal Science, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC),
11 Chapecó, Brazil.

12 ²Department of Animal Science, UDESC, Chapecó, Brazil.

13 ³SEARA - Animal Nutrition.

14

15 Corresponding author: diovani.paiano@udesc.br

16

17

1 **ABSTRACT**

2 Increased fertility in sows results in larger numbers of low birth-weight piglets. Liquid (dairy)
3 supplementation can mitigate this problem, because greater intake of nutrients during the
4 lactation phase (via supplementation) may decrease competition among piglets, resulting in a
5 higher average weight at weaning, decreased mortality and increased homogeneity of the
6 litter. We carried out the present study to determine the effects of lactation supplementation
7 on zootechnical performance of piglets during the maternity phase and its residual effects
8 during the nursery phase. The experimental design used was completely randomized to five
9 groups: WC (without creep); DCF (dry creep feed); WCF (wet creep feed); LD (additional
10 liquid creep with automatic feed dispenser plus DFS); and LLF (additional liquid creep with
11 linear feeder plus DFS). Ten piglets per treatment were selected, for a total 50 females and
12 645 piglets. The cross fostering after the 2nd day; the average number was 12.87 ± 1.20 piglets
13 and average body weight was 1.47 ± 0.20 kg. At birth, piglets were individually identified and
14 their body weights (BWs) were recorded. Weighing and blood collection (for analysis of
15 AST, cholesterol, glucose, triglycerides, albumin, total protein, globulins and urea), were
16 performed at birth, and at 7, 14, and 21 days (weaning). The recording of consumption and
17 leftovers of feed and supplement was carried out daily. After weaning, 50% of the piglets in
18 each treatment were randomly housed in collective pens (five pens for each treatment) to
19 evaluate the subsequent performance of the treatments. On the 2nd day after weaning, the
20 piglets were filmed to analyze their behavior. During the first two weeks of lactation, the LD
21 treatment (2.61 and 4.20 kg) promoted greater body weight ($P < 0.001$) than the DFS (2.55
22 and 3.93 kg), wet feed supplementation (WFS) (2.43 and 3.69 kg) and LLF (2.50 and 4.00 kg)
23 treatments, but did not differ from the WC treatment (2.68 and 4.09 kg). At weaning, the WC
24 (5.22 kg), LD (5.32 kg) and LLF (5.27 kg) treatments gave higher body weights ($P < 0.001$)
25 when compared to the DFS (4.97 kg) and WFS (4.69 kg) treatments. The weight variation
26 coefficient was higher ($P < 0.001$) during the second week of life for LD treatment (25.77%)
27 in relation to the other treatments (WC 18.55, DCF 15.71, WCF 16.13 and LLF 16.48%,
28 respectively). We concluded that there was no change in the behavior of the piglets, and the
29 use of dry feed with liquid supplements did not improve weight gain. The different creep feed
30 systems did not influence the weight and performance of the piglets in the nursery phase.

31
32 **Keywords:** litter, feeder, homogeneity, *creep feed*, milk.
33

1 **4.1 INTRODUCTION**

2 Modern pig breeds, selected for high fertility, tend to produce piglets with lower
3 average birth weight, increased competition between animals during the lactation period, and
4 increased variation in birth weight and weaning weight (Quesnel et al., 2008; Zotti et al.,
5 2017). Light piglets are those less than 800 grams, even if they come from healthy females,
6 and are usually the result of a lower supply of nutrients received during pregnancy, with
7 smaller internal organs, characteristics that resemble premature animals; this makes it difficult
8 for them to adapt to the farm environment. and favors the occurrence of diseases (Baxter et
9 al., 2008; Panzardi et al., 2013). As a result, they have lower body reserves, take longer to
10 start the first feeding, and increase the labor associated with raising the piglet. Hales et al.
11 (2013) observed that the lower the piglet's birth weight, the greater the chances of death from
12 crushing or malnutrition in the first hours. Piglets with signs of limited intrauterine growth
13 had approximately 1.8 times greater risk of post-mortem death than did normal-looking
14 piglets. Another factor is that 20% to 25% of the variation in the weight of piglets in their life
15 is related to birth weight, which in turn affects the homogeneity of the flock leading up to
16 slaughter (López-Vergé et al., 2018).

17 Liquid supplementation can reduce this phenomenon, because, as a hypothesis, the
18 greater intake of nutrients in the lactation phase (via supplementation) may decrease
19 competition among piglets and result in a higher average weight at weaning (Azain et al.,
20 1996, Novotni-Dankó et al., 2015). Douglas et al. (2014) used liquid supplementation for
21 piglets and observed a reduction in the weight variation of the supplemented litter, however,
22 without effects on weight gain or mortality.

23 Additionally, the shape of the feeder can influence food consumption as well as waste.
24 In a study in which a supplement was made available for piglets between 18 and 21 days of
25 age in three different types of feeders (tray feeder, circular feeder or circular feeder with a
26 rotating ring) Sulabo et al. (2010a and b) found that the circular feeder with a rotating rim
27 provided greater feed consumption than the others, in addition to minimizing waste and
28 reducing feed contamination by insects.

29 In addition to the nutritional benefits, the piglet's previous experience of feeding in
30 feeders may, after weaning, favor greater feed consumption, decrease nutritional diarrhea, and
31 improve their welfare; nevertheless, these phenomena have not been explored in previous
32 studies. Our hypothesis is that the supplementation of piglets with dry feed and liquid
33 supplementation of a milk substitute would promote greater weight gains during the maternity

1 phase and would promote performance during the post-weaning phase. Therefore, we studied
2 the effects of supplementation during the lactation phase, using various nutritional strategies
3 and feeders on weight gain, pre-weaning consumption, litter homogeneity, behavior, and
4 subsequent performance during the nursery phase.

1 **4.2 MATERIAL E METHODS**

2 The experiment was approved by the Research Ethics Committee with the Use of
3 Animals (CEUA) of the State University of Santa Catarina – (UDESC) - (CEUA nº
4 5791221118, 12/12/2018).

5 **4.2.1 Farrowing Housing**

6 The test was carried out in a commercial piglet production unit located in the
7 municipality of Abelardo Luz in the west of Santa Catarina - Brazil. The maternity rooms
8 (with canvas lining) used were provided with 20 farrowing crate/room, with an area of 0.6 x
9 2.2 m for the sow and additional side areas of 0.4 x 2.2 m. The farrowing crate included floors
10 of fully suspended iron bars, equipped with trough type feeders for the female rations (manual
11 feeding four times a day), a nipple with a minimum flow of 3 L/min. for the mother, two
12 nipples for the piglets (minimum flow rate of 0.5 L/min), and a creep with a useful area of
13 0.64 m² (provided with heated floors with temperature regulation). To help control
14 temperature, curtains were used (double curtains, internal and external).

15 The work began in January 2019 and extended to the end of March 2019, comprising
16 the maternity and nursery phases. The maternity ward and nursery centers were equipped with
17 a thermo hygrometer datalogger model HT-500, positioned in the geometric center of the
18 facilities programmed for temperature and humidity collections every 30 minutes (Figure 1).

19 **4.2.2 Sows and litter management**

20 The farm worked in batch farrowing; that is, every 15 days, there were an average of
21 110 farrowings. In the total farrowings period, ten sows were selected for the work for each
22 treatment, between the 1st and 6th farrowings, creating 50 sows (Camborough®, Agroceres
23 PIC®) that had an average of 12.9 piglets born alive per sows. The cross fostering until the
24 2nd day of life according to functional teats.

25 The usual routine and management of the farm was maintained during the study. The
26 sows were transferred to a maternity ward with 105 days of gestation and at the first signs of
27 farrowing (milk ejection, frequent sitting and standing behavior, swollen vulva, and first
28 placental fluids beginning to be expelled). Adjustments were made to the temperature of the
29 creep, preparation of utensils to aid in farrowing and decreased sows feeding. After giving
30 farrowing, the feeding of the sows was increased daily (0.5 kg) until the 7th day when the

1 ration started to be provided ad libitum in two feedings/day. The sows diets were based on
2 corn and soybean meal (194.5 g.kg^{-1} Crude Protein (CP), 911.6 g.kg^{-1} Dry Matter (DM), 71.5 g.kg^{-1} Crude Fat (CF) and 60.3 g.kg^{-1} Ash (A)) following the nutritional program established
3 by the farm's technical team. Sows and piglets had ad libitum access to water in separate
4 nipples. The usual farm procedure for piglets included a 1-ml parenteral iron shot dextran on
5 the third day, administration of coccidiostatic drugs, 1 ml per pig orally at birth, caudectomy,
6 and identification of the piglets with a tattoo, up to the 3rd day after birth.

7 Piglets were identified individually by tattooing in accordance with the practice
8 adopted at the commercial piglet farm. The experimental group received creep feed substitute
9 ($4,204 \text{ kcal.kg}^{-1}$ of metabolizable energy (ME), 185.0 g.kg^{-1} CP, 961.5 g.kg^{-1} DM, 145.0 g.kg^{-1}
10 CF, 96.8 g.kg^{-1} A and 480.0 g.kg^{-1} lactose) reconstituted to 1:7 (substitute:water), a value
11 close to that recommended by Novotni-Dankó et al. (2015), in warm water (45 to 50 °C), and
12 provided twice a day (morning and afternoon), with a dispenser-type feeder or linear feeder
13 from the 2nd day of life until the 14th day of life. From the 7th day, a specific creep feed for the
14 phase (221.4 g.kg^{-1} CP, 941.1 g.kg^{-1} DM, 60.9 g.kg^{-1} CF and 68.1 g.kg^{-1} A) was provided to
15 the piglets of the treatments DCF, WCF, LD, LLF once a day. The other managements with
16 the sows and piglets followed the protocols previously adopted at the farm with weaning at 21
17 days.
18

19 **4.2.3 Treatments**

20 Two sequential tests were carried out: 1st carried out in the maternity phase in which
21 the consumption of liquid and feed supplement, weight gain, uniformity of piglets, and serum
22 variables were evaluated. In the 2nd test, we measured performance, behavior, and serum
23 variables in the post-weaning (nursery phase) of piglets from the 1st experiment.

24 The experimental design used was completely randomized with five treatments: WC
25 (without creep) without supplementation; dry creep feed (DCF), dry food supplementation
26 from the 7th day to the 21st day; wet creep feed (WCF) supplementation with moist feed
27 (2x/day) from the 7th day to the 21st day; liquid dispenser (LD) additional liquid creep with
28 automatic feed dispenser plus DFS from the 2nd day to the 14th day in a dispenser-type feeder;
29 and liquid linear feeder (LLF), additional liquid creep with linear feeder plus DFS from the
30 2nd day to the 14th day in gutter feeders.

31 Two types of feeders were used to supply the substitute, the first type of dispenser
32 (liquid dispenser, (LD) additional liquid creep with automatic feed dispenser plus DFS) and
33 the second type of feeder (LLF), additional liquid creep with linear feeder plus DFS). The

1 dispenser type had such a storage location that prevented contamination with dust, waste,
2 flies, or other foreign materials, and a self-supply system that released the liquid according to
3 consumption to reduce the work with cleaning and refilling the equipment. Cleaning was
4 performed daily with acid detergent to help remove fat, with water at 60 °C.

5 **4.2.4 Farrowing stage**

6 Individual body weight was recorded at birth and at 7, 14, and 21 days of age. The
7 consumption of substitute was recorded at each supply along with the replacement of the
8 supplement (morning or afternoon). Dry feed consumption was recorded and its leftovers
9 accounted for the calculation of feed consumption.

10 Blood samples were collected from two male piglets per litter (approximately 5 mL)
11 obtained by puncture of the anterior vena cava at the time of weighing. The number was
12 defined to allow good sampling and to minimize additional handling. The samples were
13 placed in Vacutainer tubes with coagulation activator for later obtaining of the serum that was
14 stored in an Eppendorf microtubes at -20 °C, for later analysis.

15 The serum concentrations of aspartate aminotransferase (AST), albumin, total protein,
16 globulins, triglycerides, glucose, cholesterol and urea were quantified using a semiautomatic
17 analyzer BIO 2000 IL (BIO PLUS) and commercial kits (Gold Analisa Diagnóstica, Belo
18 Horizonte - Minas Gerais - Brazil), according to the manufacturer's instructions.

19 **4.2.5 Nursery stage**

20 In the nursery stage, the weighing of piglets and rations were carried out at each feed
21 change. There were four phases: Pre-initial I (provided for 7 days); Pre-initial II (provided for
22 12 days); Initial I (provided for 17 days); and Initial II (provided for 11 days), totaling 47 days
23 of accommodation at the nursery center. The rations were prepared by the farm's technical
24 team, based on the nutritional requirements established by the Brazilian Poultry and Swine
25 Table (ROSTAGNO et al., 2017) for piglets in the nursery phase (Table 1).

26 The nursery stalls were located in the same production unit, with a fully slatted
27 suspended floors (high-density plastic), equipped with linear feeders positioned in front of the
28 bays and pacifier-type drinking fountains suspended in the center (minimum flow of 2 L/min).
29 The temperature was controlled through the use of double curtains and the temperatures
30 recorded by the same dataloggers used in the maternity phase (Figure 2).

1 **4.2.6 Post-weaning variables**

2 Weight gain, feed intake, feed conversion, piglet behavior from the maternity
3 experiment were evaluated. Blood samples were collected from two male piglets/pen and the
4 same variables as in step 1 were evaluated.

5 The recording of behaviors was performed by capturing an image through filming, on
6 the second day of weaning, with cameras positioned in front of the pens for a period of 40
7 minutes. From the videos, the behaviors were evaluated instantly with a sample interval of 3
8 minutes, according to the methodology described and adapted by Middelkoop et al. (2019),
9 which followed an ethogram tested prior to the collection period in which the behaviors were
10 grouped into: lying, sitting, drinking water, eating, agonistic interactions, exploratory, and idle
11 behavior. Subsequently, the behaviors were converted into percentages for statistical analysis.

12 For the study, 50% of the piglets from the maternity phase (1st stage) were used, which
13 were randomly selected. Piglets from each treatment were randomly divided and housed in
14 five pens (considered as the experimental unit) in total 25 pens/replicates were implemented
15 in which 360 piglets were housed.

16 **4.2.7 Statistical analysis**

17 Prior to the analyses, the data were subjected to Kolmogorov-Smirnov error normality
18 testing and transformed when necessary ($P<0.05$) using the Box-Cox transformation from the
19 Microsoft Excel Action package, to meet the normality of errors. The data were then
20 subjected to analysis of variance (ANOVA) based on a completely randomized design
21 considering all five treatments, with ten litters for each treatment, using Statistical and
22 Genetic Analysis System software (version 9.1, SAEG, 2007). Specifically, for the data from
23 the first week, the treatments WC, DFS, and WFS were grouped, because the management of
24 the referred treatments were identical until the 8th day. At the lactation phase, each piglet was
25 considered an experimental unit and birth weight (individual) was used in the statistical model
26 as a covariate. for the survival rate and weight variation coefficient, the litter was used as an
27 experimental unit. Two piglets per litter was used as an experimental unit, with a difference of
28 $\alpha <0.05$ being adopted. In the case of effect, the Scott-Knott test ($P<0.05$) was used to
29 determine the differences between averages.

30 The consumptions (ingested and wasted) of feed and substitute in the maternity phase
31 were analyzed considering the treatments, the day and the respective interaction. In the case
32 of significant interactions, the consumptions were divided and specific linear equations were
33 elaborated for each treatment. The least squares method was used to estimate the coefficients

1 of the regression models and the verification of the significance of each coefficient was
2 evaluated using the t-test ($P<0.05$).

3 For the nursery performance experiment, the same statistical methodologies were
4 adopted as for the previous experiment and the pens were used as experimental units (five
5 pens per treatment).

4.3 RESULTS

4.3.1 Farrowing stage

For birth weight (1.45, 1.47, 1.44, 1.49, and 1.44 kg) and weight in the first week (2.68, 2.55, 2.43, 2.61, and 2.50 kg) the five treatments did not differ from one another ($P >0.05$). In the second week, the WC feed treatment showed significantly lower body weights (3.69 kg) ($P <0.001$) than the other treatments (4.09, 3.93, 4.20, and 4.00 kg). When weaning piglets from treatments, WC, and liquid dispenser and liquid linear feeder presented higher ($P <0.001$) body weights (5.22, 5.32, and 5.27 kg) than DC feed treatments (4.97 kg), which were superior to WC feed (4.69 kg) (Table 2).

There were no effects ($P> 0.05$) of the treatments on piglet survival rate in the first and second week and at weaning ((total number of piglets - (dead + fallout))/total number of piglets * 100) average of 79.1% at weaning (Table 2). The coefficient of variation (CV) for body weights in the second week was higher ($P <0.001$) for the LD treatment (25.77%) compared to the other treatments (Table 2),

On the 7th day of lactation, the serum albumin levels (2.4 g.dL⁻¹) of the piglets were lower ($P = 0.016$) in the WC treatment compared to the LD (2.5 g.dL⁻¹) and LLF (2.6 g.dL⁻¹). Triglyceride levels were significantly lower ($P <0.001$) in the WC treatment (149.4 mg.dL⁻¹) than in the LD (193.7 mg.dL⁻¹) and LLF (206.5 mg.dL⁻¹) treatments. On the 14th day, cholesterol values were significantly lower ($P <0.030$) in the WC (117.3 mg.dL⁻¹) and LLF (110.0 mg.dL⁻¹) treatments compared to the DC feed (133.4 mg.dL⁻¹), WC (128.5 mg.dL⁻¹) and LD treatments (135.3 mg.dL⁻¹). At weaning, the serum urea concentration was significantly lower ($P = 0.044$) in the LLF treatment (20.5 mg.dL⁻¹) than in the WC (23.9 mg.dL⁻¹), DC feed (25.1 mg.dL⁻¹), WC feed (28.9 mg.dL⁻¹) and LD (26.9 mg.dL⁻¹); for the other serum variables, there were no significant differences ($P>0.05$) (Table 3).

The use of supplement and feed (sum of consumed and wasted) showed interactions between treatments and days ($P <0.001$) indicating a difference in consumption over the days of supply. The best fit model for the use of liquid supplements was the root cubic model ($P <0.001$) (Figure 3). For feed consumption by piglets, the cubic root model ($P <0.001$) better adjusted the consumption of the DC feed and LLF treatments; the consumption of the other treatments was better adjusted with the square root model ($P <0.001$) (Figure 4).

1 **4.3.2 Nursery stage**

2 There were no effects ($P > 0.05$) of treatments on body weight, feed intake, weight gain
3 and feeding efficiency in the day care phase (Table 4).

4 On the 3rd day after weaning of piglets, AST levels were significantly higher ($P =$
5 0.005) in the WC treatment (58.4 U.L^{-1}) than in the other treatments. On the 47th day of the
6 nursery phase, the piglets in the WC (23.3 mg.dL^{-1}) and LLF (21.1 mg.dL^{-1}) groups showed
7 lower ($P = 0.026$) serum urea concentration than those in the other groups (Table 5).

8 There were no effects of treatments ($P > 0.05$) on the behavioral variables (Table 6).

9 **4.4 DISCUSSION**

10 **4.4.1 Farrowing phase**

11 The study was based on the hypothesis that supplementation with milk substitutes plus
12 dry feed would improve the performance of the piglets in the lactation phase, reduce mortality
13 and weight variation at weaning. For the first week, the treatments did not show any effect on
14 weight gain. An important factor to be considered is that the piglet must first learn to consume
15 the supplement when consumed immediately after supply. We observed great demand of the
16 supplement. Probably, the piglet used it as a means of environmental enrichment, followed by
17 a loss of interest (Figure 3). Another hypothesis is that breast milk for the lineage and for the
18 number of piglets in the litter were sufficient to meet the nutritional demand of the piglets.
19 Pedersen et al. (2016) reported milk production close to 9 kg/day in the first postpartum week,
20 which associated with the litter size after homogenization (12.7 piglets/female) were
21 sufficient to not cause nutritional limitation (Missotten et al., 2015; Zhang et al., 2018) and
22 thereby to minimize the effects of treatments. Another point to be considered is that in the
23 first week, only the liquid supplement was provided in the LD and LLF treatments; the other
24 treatments were not managed and the nutritional contribution was exclusively from breast
25 milk.

26 At the end of the second week (14th day), piglets with additional liquid
27 supplementation via LD and WC had higher body weights (4.20 and 4.09 kg), respectively,
28 when compared to DC feed (3.93 kg), WC treatments feed (3.69 kg) and Liquid Linear Feeder
29 (4.00 kg). This result may be associated with higher supplement consumption (Figure 3) by
30 the LD treatment. Similar results were obtained by Van Oostrum et al. (2016) who found
31 higher body weight for piglets with liquid supplementation combined with dry food.

1 Our results with body weights higher than the LD treatment suggest a possible
2 nutritional benefit of substitute substitution and greater ease of consumption via a dispenser
3 for litter sizes close to 12 piglets. The supplement derived 40% of its fat content from refined
4 coconut oil, high levels of whey protein, lactose, and Imagro® (galactooligosaccharides,
5 probiotics and organic acids), all of which may have helped the piglets gain weight. Probably,
6 its use in hyper-prolific lineages may have greater beneficial effects than those obtained in the
7 present study (De Vos et al., 2014), because, with the greater competition in larger litter, the
8 supplement can overcome nutritional limitations in litters with high numbers of piglets with
9 exclusive milk consumption.

10 The lower PC of the LLF treatment (4.00 kg) when compared to the LD (4.20 kg) may
11 be related to the type of feeder used (trough type feeder) which was designed for use in
12 animals over 12 days of age, and which may have made it difficult for piglets to access and
13 consume the supplement (Figure 3). However, at weaning, the piglets in the LLF group (5.27
14 kg), obtained body weights similar to the LD (5.32 kg) and WC (5.22 kg) groups, suggesting
15 that, after the piglets reach the age above 12 days, they were able to properly consume the
16 supplement.

17 It is noteworthy that the management used for supplementation, completed at 14 days
18 of age, 7 days before the predicted weaning date (according to the manufacturer's
19 recommendations), when consumption was 571 and 378 mL.day.litter⁻¹ for LD and LLF
20 groups, respectively, they may have limited weight gain and possible benefits associated with
21 the use of the substitute. The consumption of substitutes was higher than those reported by
22 Douglas et al. (2014), who reported 167 mL.day.litter⁻¹. If we compare our results with those
23 reported by Azain et al. (1996) of 471 mL.day.litter⁻¹ when using liquid supplement for piglets
24 in the maternity ward, the LD group showed higher consumption and the LLF group showed
25 less consumption. The higher consumption of feed and liquid substitute observed on the first
26 day of supply (Figures 3 and 4) are associated, as previously discussed, with the exploration
27 of the feed/substitute in a playful way by the pig (non-nutritional), similar to what occurs with
28 the availability of new objects in the pen, followed by a reduction in the piglet's interactions
29 with the new object.

30 This behavior, loss of interest in the new object, was observed by Van De Weerd et al.
31 (2003) who, when studying different objects in environmental enrichment, found reduced
32 piglet interactions with new objects at intervals that varied between 1 hour to 3 days after
33 exposure.

1 The lower mean in the CP for the WC feed group (2nd and 3rd weeks, 3.93 and 4.97 kg)
2 may be associated with the fact that the humidification of the feed had compromised its
3 nutritional and sanitary quality, because the feed was developed for use in the dry form and
4 when humidifying it, it increased the attraction of insects to the feeders with the moistened
5 diet, and this may have led to the non-recommendation of hydration (1:2) for the type of feed
6 used in the present study.

7 The consumption of supplements of lower nutritional quality compared to milk, in the
8 DC feed and WC feed treatments, and the difficulty of consumption in the trough-type feeder
9 may have contributed to the results. Another point to be highlighted is that the absence of
10 supplementation in the farrowing pen and the reduced handling of animals in the WC group
11 may have minimized the spread of enteric diseases. It is noteworthy that two litters from the
12 LD group were excluded from the evaluation by the farm's technical team, because they
13 presented signs compatible with rotavirus disease.

14 The survival rate of the piglets did not differ among treatments, similar to results
15 reported by Miller et al. (2012a), who, when studying the supply of pre-weaning substitutes,
16 found no difference in the survival rates in the maternity phase and in the subsequent nursery
17 phase; similarly, Douglas et al. (2014) used dairy supplements for low weight piglets and
18 found no differences in piglet survival.

19 The weight coefficient of variance (CV%), an important indicator of litter
20 homogeneity, was higher for the LD group, suggesting greater unevenness of the litter, a
21 result different from that found by Novotni-Dankó et al. (2015), who, when using liquid milk
22 supplement for litter in the maternity, found no differences in CV% of the piglets' weights.
23 The result obtained is probably associated with the uneven consumption of the supplement by
24 the individuals in the litter, such that some animals showed higher consumption in relation to
25 the average, causing the greater degree of heterogeneity. Nevertheless, our hypothesis needs
26 to be better explored in future works by correlating individual substitute consumption with the
27 piglet's respective performance.

28 The results of the serum biochemistry variables (Table 3; Figures 5 and 6) were
29 considered normal for the phase, for piglets 21 days of age (Perri et al., 2017). Urea is an
30 important indicator of protein quality (Meijer et al., 1990) and its serum levels are correlated
31 with the catabolism of excess amino acids or those with lower quality protein profiles.
32 Changes in normal levels of urea in the blood suggest possible disorders in the renal, hepatic,
33 nervous, and blood circulatory systems (Dervisevic et al., 2017). Thus, lower blood
34 concentrations of urea (end of the first week) and cholesterol (end of the second week) in the

1 WC group may be associated with the higher quality (better biological value) of milk protein
2 when compared to supplemented treatments. The results of the LLF group may be associated
3 with greater difficulty in consuming the supplement, caused by the technical characteristics of
4 the trough-type feeder.

5 The lower levels of albumin in the WC group in relation to the others during the first
6 week may be associated with the lower hepatic metabolism/nutrient transport in that group,
7 because it is related to liver functions (Gonzalez and Silva, 2003). We also highlight the
8 higher levels of blood triglycerides in treatments with liquid supplements (LD and LLF) are
9 associated with the consumption of the substitute because the lipid content of the supplement
10 used is close to 40%.

11 The absence of effects on AST level ($P > 0.05$), an important indicator of muscle cell
12 damage or more severe damage to hepatocytes (NIU et al., 2019), suggests that treatments did
13 not influence this variable sufficiently to change its values while remaining within the range
14 of normal for the species. Perri et al. (2017) noted the reference range for piglets at 21 days of
15 age was $18.0 - 83.5 \text{ U.L}^{-1}$ for AST; however, at different ages and at different times of
16 collection, healthy piglets showed substantial variation in serum levels.

17 **4.4.2 Nursery phase**

18 The absence of effects on the subsequent zootechnical performance (nursery phase)
19 was not expected. This may have occurred because the previous presentation of the piglets to
20 the feed and the substitute could minimize the stressful effects of weaning and could have
21 resulted in greater consumption and, consequently, better gains and greater feeding efficiency.
22 Similar results (absence of residual effects of supplementation) were reported by Park et al.
23 (2014) in a study with similar characteristics, in which they assessed creep feed and milk
24 substitute in hot and cold seasons and found no effects on the performance of pre- and post-
25 weaning piglets.

26 One hypothesis for the result obtained is that, although the numerical differences in the
27 CP were maintained until the end, these differences were relatively small and showed
28 substantial variability, making it difficult to detect differences (Wellock et al., 2009). Another
29 factor to be considered is that the commercial production environment can cause challenges,
30 including cold stress. In the experimental period (Figure 1), especially during the first week,
31 the piglets were subjected to temperatures below the critical lower temperature for the phase
32 (NRC, 1981).

1 Pigs are homeothermic animals that maintain body temperature within narrow limits,
2 even under varying environmental conditions (MILLER, 2012b). When exposed to
3 temperatures below the lower critical limit, they produce additional heat to return to the
4 comfort zone, with consequent diversion of energy and nutrients for maintaining
5 homothermia, resulting in impaired weight gain (LI; PATIENCE, 2017). This leads to the
6 need for greater nutrient intake (NRC, 1981). The greater need for nutrient intake, in addition
7 to the limitation of feed intake in the post-weaning period, may have limited the gains and
8 residual effects of the management carried out in the previous phase.

9 The lack of difference in behavior on the second day after weaning may have been
10 caused by the same factors discussed previously in terms of performance. Another point to be
11 highlighted is that the different treatments were randomly distributed in the nursery rooms. In
12 this way, the animals of the WC group were positioned in bays neighboring those of other
13 treatments (piglets with previous consumption experience). The act of observing piglets
14 without previous experience of consumption to piglets from other groups previously
15 experienced in consuming feed may have favored the learning of the location of feeders and
16 consequently minimized the differences in feed consumption of the group without creep
17 compared to other treatments.

18 In a study that evaluated the learning between piglets, Nicol and Pope (1994) found
19 that untrained piglets found it easy to find the feeder when they observed animals with
20 previous training, supporting our hypothesis of learning the piglets in the groups without
21 creep. By contrast, Gieling et al. (2011) performed an observational learning study in which
22 they investigated social behavior in pigs, and did not clearly demonstrate the ability of pigs to
23 imitate behavior. Therefore, our hypothesis needs to be better studied in future works under
24 different production conditions.

25 The function of AST is to catalyze the transamination of L-aspartate and 2-
26 oxoglutarate to oxalacetate and glutamate (EVANS, 2009). It serves as an important indicator
27 of impaired liver function. The higher levels of AST in the WC group (negative control) than
28 in the other treatments on the 3rd day after weaning suggests greater hepatic activity
29 associated with this treatment and suggests that, soon after weaning, the animals had greater
30 difficulty initiating the consumption of feed, causing a reduction in hepatic reserves. The
31 change obtained in this indicator for the WC group may be associated with the difficulty of
32 abrupt adaptation to the solid diet in the first hours after weaning and reinforces the
33 importance of supplementation in the maternity phase.

1 **4.5 CONCLUSIONS**

2 The use of dry food with liquid supplements did not promote an increase in weight
3 gain compared to treatment without the use of dry food for litter of up to 12.9 piglets. The
4 various feeding systems did not influence weight and performance in the subsequent phase.
5 Supplementation minimized the indicators of liver damage in the post-weaning period.

6

7 **4.6 CONFLICT OF INTEREST**

8

 The authors declare that they have no conflicts of interest.

9

10 **4.7 ACKNOWLEDGEMENTS**

11 We thank CAPES and FAPESC for supporting this study and for granting a CAPES
12 scholarship to the first author. We thank Seara Alimentos for providing the study animals, the
13 facilities and all the support to carry out the work. We thank Nutrifeed, a Friesland company,
14 for providing the supplement used in this study.

15

1 4.8 REFERENCES

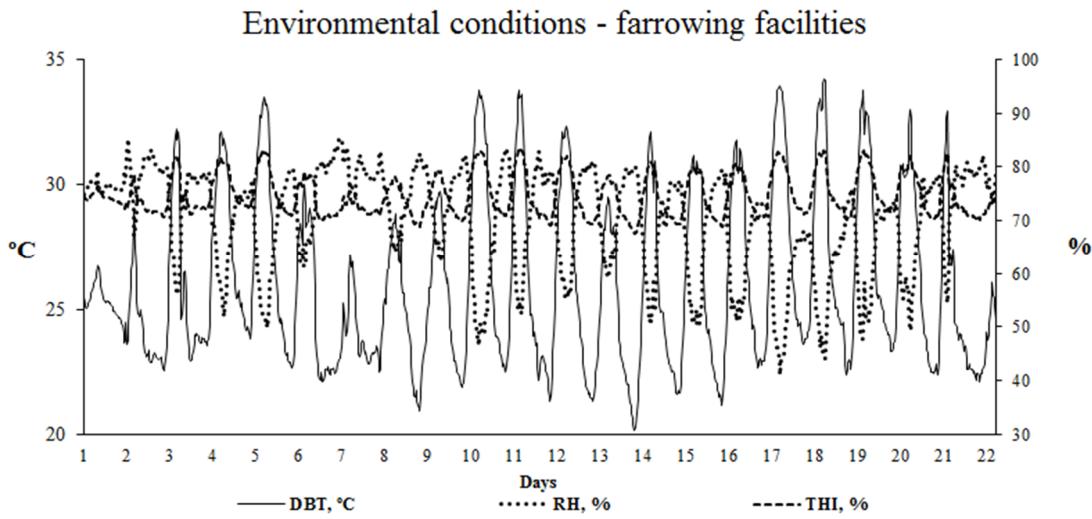
- 2 AZAIN, M. J.; TOMKINS, T.; SOWINSKI, J. S.; ARENTSON, R. A.; JEWELL, D. E. Effect
3 of supplemental pig milk replacer on litter performance: seasonal variation in
4 response. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 9, p. 2195–2202, 1996.
- 5 BAXTER, E. M.; JARVIS, S.; EATH, R. B. D.; ROSS, D. W.; ROBSON, S. K.; FARISH,
6 M.; NEVISON, I. M.; LAWRENCE, A. B.; EDWARDS, S. A. Investigating the
7 behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs.
8 **Theriogenology**, v. 69, p. 773–783, 2008.
- 9 DE VOS, M.; CHE, L.; HUYGELEN, V.; WILLEMEN, S.; MICHELS, J.; VAN
10 CRUCHTEN, S.; VAN GINNEKEN, C. Nutritional interventions to prevent and rear
11 low-birthweight piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.
12 98, n. 4, p. 609–619, 2014.
- 13 DERVISEVIC, E.; DERVISEVIC, M.; NYANGWEBAH, J. N.; ŞENEL, M. Development of
14 novel amperometric urea biosensor based on Fc-PAMAM and MWCNT bio-
15 nanocomposite film. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, v. 246, p. 920-926,
16 2017.
- 17 DOUGLAS, S. L.; EDWARDS, S. A.; KYRIAZAKIS, I. Management strategies to improve
18 the performance of low birth weight pigs to weaning and their long-term
19 consequences. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 5, p. 2280–2288, 2014.
- 20 EVANS, G. O. **Animal Clinical Chemistry**. London: Taylor & Francis .2^a ed. 2009.
- 21 GIELING, E. T.; NORDQUIST, R. E.; VAN DER STAAY, F. J. Assessing learning and
22 memory in pigs. **Animal Cognition**, v. 14, n. 2, p. 151–173, 2011.
- 23 GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Introdução à bioquímica clínica veterinária, Perfil
24 bioquímico sanguíneo, cap.08, p. 1-11, 2003.
- 25 HALES, J.; MOUSTSEN, V. A.; NIELSEN, M. B. F.; HANSEN, C. F. Individual physical
26 characteristics of neonatal piglets affect preweaning survival of piglets born in a
27 noncrated system. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 10, p. 4991–5003, 2013.
- 28 LI, Q.; PATIENCE, J. F. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs.
29 **Animal Feed Science and Technology**, v. 233, p. 22–33, 2017.

- 1 LÓPEZ-VERGÉ, S.; GASÀ, J.; FARRÉ, M.; COMA, J.; BONET, J.; SOLÀ-ORIOL, D.
2 Potential risk factors related to pig body weight variability from birth to slaughter in
3 commercial conditions. **Translational Animal Science**, v. 2, n. 4, p. 383–395, 2018.
- 4 MEIJER, A.J.; LAMERS, W.H.; CHAMULEAU, R.A.F.M. Nitrogen-metabolism and
5 ornithine cycle function. **Physiological Reviews**. 70:701–748. 1990.
- 6 MIDDELKOOP, A.; VAN MARWIJK, M. A.; KEMP, B.; BOLHUIS, J. E. Pigs Like It
7 Varied; Feeding Behavior and Pre- and Post-weaning Performance of Piglets
8 Exposed to Dietary Diversity and Feed Hidden in Substrate During Lactation.
9 **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, n. November, p. 1–20, 2019.
- 10 MILLER, Y. J.; COLLINS, A. M.; SMITS, R. J.; THOMSON, P. C.; HOLYOAKE, P. K.
11 Providing supplemental milk to piglets preweaning improves the growth but not
12 survival of gilt progeny compared with sow progeny. **Journal of Animal Science**, v.
13 90, n. 13, p. 5078–5085, 2012 (a).
- 14 MILLER, T. G. Swine Feed Efficiency: Influence of Temperature. **Iowa Pork Industry**
15 **Center Fact Sheets**, v. 11, n. 2011, p. 2011–2012, 2012 (b).
- 16 MISSOTTEN, J. A. M.; MICHELS, J.; DEGROOTE, J.; SMET, S. De. Fermented liquid
17 feed for pigs: an ancient technique for the future. **Journal of Animal Science and**
18 **Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 4, 2015.
- 19 NICOL, C.J.; POPE S.J. Social learning in sibling pigs. **Applied Animal Behaviour Science**,
20 v. 40p. 31-43, 1994.
- 21 NIU, Y.; HE, J.; AHMAD, H.; SHEN, M.; ZHAO, Y.; GAN, Z.; ZHANG, L.; ZHONG, X.;
22 WANG, C.; WANG, T. Dietary Curcumin Supplementation Increases Antioxidant
23 Capacity, Upregulates Nrf2 and Hmox1 Levels in the Liver of Piglet Model with
24 Intrauterine Growth Retardation. **Journal Nutrients**, v. 11, p. 2978, 2019.
- 25 NOVOTNI-DANKÓ, G.; BALOGH, P.; HUZSVAI, L.; GYÖRI, Z. Effect of feeding liquid
26 milk supplement on litter performances and on sow back-fat thickness change during
27 the suckling period. **Archives Animal Breeding**, v. 58, p. 229–235, 2015.
- 28 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Effect of Environment on Nutrient
29 Requirements of Domestic Animals. Washington, DC: The National Academies
30 Press. <https://doi.org/10.17226/4963>. 1981. 168p.
- 31 PANZARDI, A.; BERNARDI, M. L.; MELLAGI, A. P.; BIERHALS, T.; BORTOLOZZO, F.
32 P.; WENTZ, I. Newborn piglet traits associated with survival and growth
33 performance until weaning. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 110, n. 2, p. 206–
34 213, 2013.

- 1 PARK, B. C.; HA, D. M.; PARK, M. J.; LEE, C. Y. Effects of milk replacer and starter diet
2 provided as creep feed for suckling pigs on pre- and post-weaning growth. **Animal**
3 **Science Journal**, v. 85, n. 9, p. 872–878, 2014.
- 4 PEDERSEN, T. F.; BRUUN, T. S.; FEYERA, T.; LARSEN, U. K.; THEIL, P. K. A two-diet
5 feeding regime for lactating sows reduced nutrient deficiency in early lactation and
6 improved milk yield. **Livestock Science**, v. 191, p. 165–173, 2016.
- 7 PERRI, A. M.; O'SULLIVAN, T. L.; HARDING, J. C. S.; WOOD, R. D.; FRIENDSHIP, R.
8 M. Hematology and biochemistry reference intervals for Ontario commercial nursing
9 pigs close to the time of weaning. **Canadian Veterinary Journal**, v. 58, n. 4, p.
10 371–376, 2017.
- 11 QUESNEL, H.; BROSSARD, L.; VALANCOGNE, A.; QUINIOU, N. Influence of some sow
12 characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. **Animal**, v. 2, n. 12, p.
13 1842–1849, 2008.
- 14 ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.;
15 LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. Tabelas
16 brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais, 4^a
17 edição, UFV: Viçosa, MG, 2017. 488p.
- 18 SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - **UFV** -
19 **Viçosa, MG**, 2007.
- 20 SULABO, R. C.; TOKACH, M. D.; DEROUCHY, J. M.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R.
21 D.; NELSEN, J. L. Effects of creep feeder design and feed accessibility on
22 preweaning pig performance and the proportion of pigs consuming creep feed.
23 **Journal of Swine Health and Production**, v. 18, n. 4, p. 174–181, 2010 (a).
- 24 VAN DE WEERD, H. A.; DOCKING, C. M.; DAY, J. E. L.; AVERY, P. J.; EDWARDS, S.
25 A. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs.
26 **Applied Animal Behaviour Science**, v. 84, n. 2, p. 101–118, 2003.
- 27 VAN OOSTRUM, M.; LAMMERS, A.; MOLIST, F. Providing artificial milk before and
28 after weaning improves postweaning piglet performance. **Journal of Animal**
29 **Science**, v. 94, n. 7, p. 429–432, 2016.
- 30 WELLOCK, I. J.; HOUDIJK, J. G. M.; MILLER, A. C.; GILL, B. P.; KYRIAZAKIS, I. The
31 effect of weaner diet protein content and diet quality on the long-term performance
32 of pigs to slaughter. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 4, p. 1261–1269, 2009.

- 1 ZHANG, Y. J.; LIU, Q.; ZHANG, W. M.; ZHANG, Z. J.; WANG, W. L.; ZHUANG, S.
2 Gastrointestinal microbial diversity and short-chain fatty acid production in pigs fed
3 different fibrous diets with or without cell wall-degrading enzyme supplementation.
4 **Livestock Science**, v. 207, n. May 2016, p. 105–116, 2018.
- 5 ZOTTI, E.; RESMINI, F. A.; SCHUTZ, L. G.; VOLZ, N.; MILANI, R. P.; BRIDI, A. M.;
6 ALFIERI, A. A.; ABÉRCIO DA SILVA, C. Impact of piglet birthweight and sow
7 parity on mortality rates, growth performance, and carcass traits in pigs. **Brazilian**
8 **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 11, p. 856–862, 2017.

1



2

3 **Figure 1. Dry bulb temperature (DBT), Relative Humidity (RH), Temperature and**
 4 **humidity index (THI) in farrowing facilities.** OBS: Average of rooms with 30 min sampling interval.
 5 Dry bulb temperature (DBT); Relative humidity (RH); Temperature and humidity index (THI) calculated: DBT
 6 + (0.36 * Dew point + 41.5).

1
2

3

4

5

6

7

8

9

10

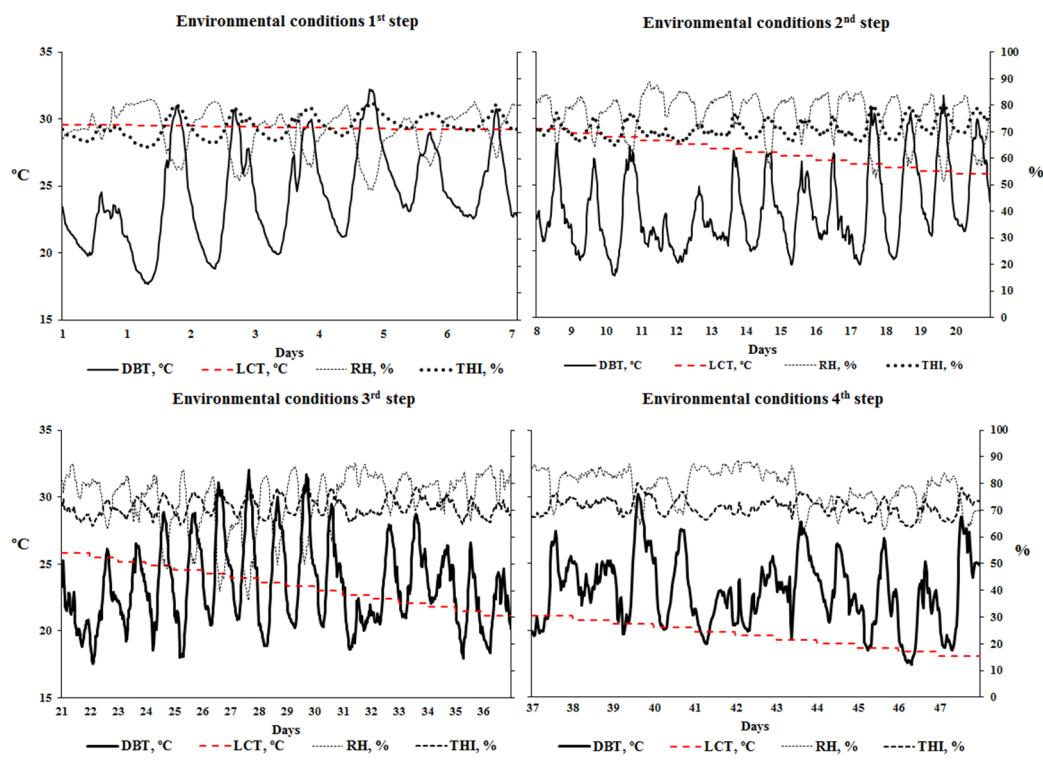
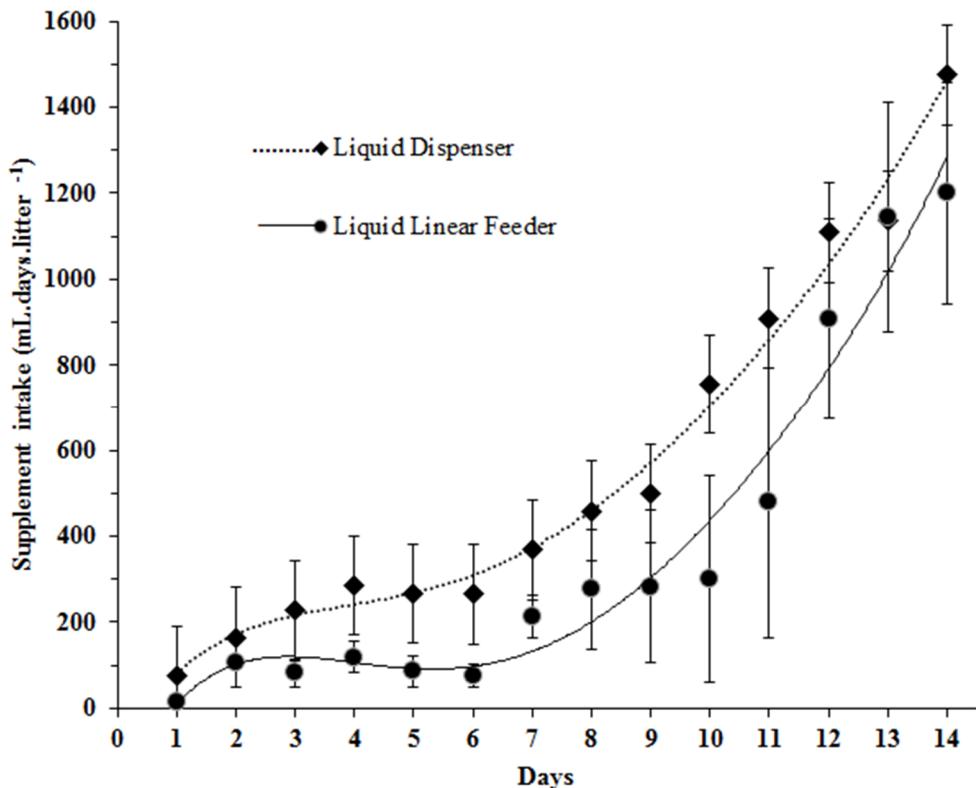


Figure 2. Dry bulb temperature (DBT), Relative humidity (RH), Temperature and humidity index (THI) in nursery facilities and lower critical temperature (LCT). OBS: Average of rooms with 30 min sampling interval. THI: DBT + (0.36 * Dew point + 41.5); Lower critical temperature (LCT) based on Pig site recommendations: (<https://thepigsite.com/husbandry/environmental-management>).

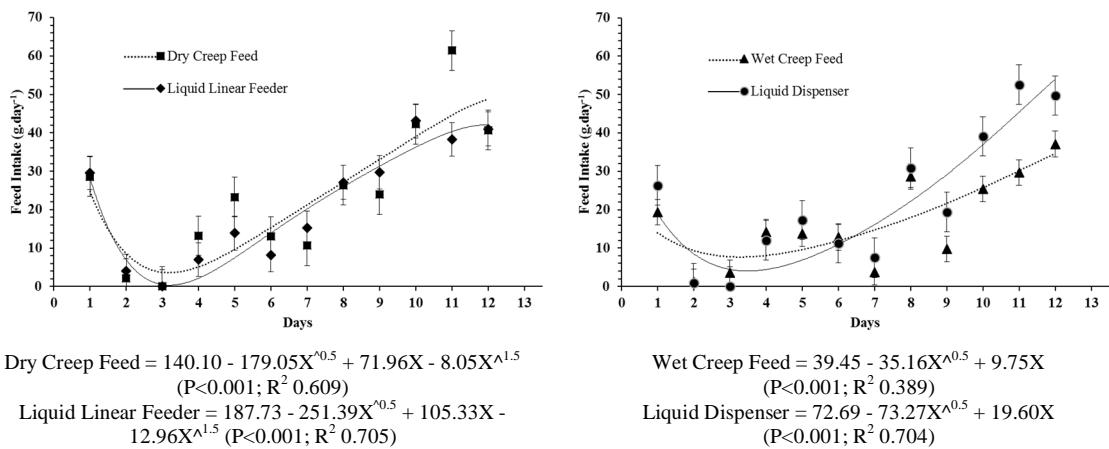


Liquid Dispenser = - 804.82 - 811.045X + 1544.296X^{0.5} + 149.7199 X^{1.5}
 $(P < 0.001; R^2 = 0.869)$

Liquid Linear Feeder = - 1262.18 - 1229.49X + 2283.338 X^{0.5} + 214.0774 X^{1.5}
 $(P < 0.001, R^2 0.809)$
 $(P < 0.001; R^2 0.818)$

Figure 3. Supplement intake ($\text{mL} \cdot \text{days}^{-1}$) Treatment Liquid Dispenser, e Treatment Liquid Linear Feeder. The error bars represent $\pm \text{SD}$. * Interaction between types of supplement feeders and consumption, $P < 0.001$.

1



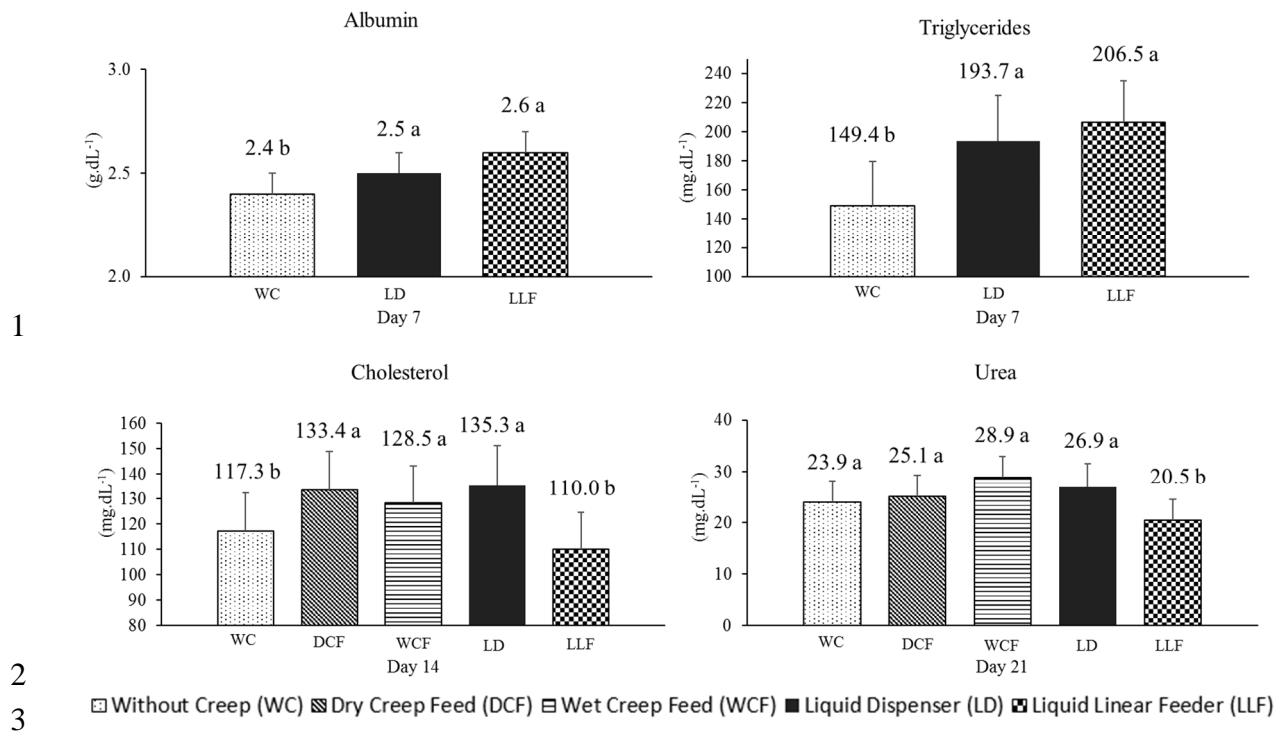
2

3

4

Figure 4. Daily feed intake (suckling phase) of piglets – treatments (Dry Creep Feed, Wet Creep Feed, Liquid Dispenser, e Liquid Linear Feeder) (Observed values \pm SD).

5



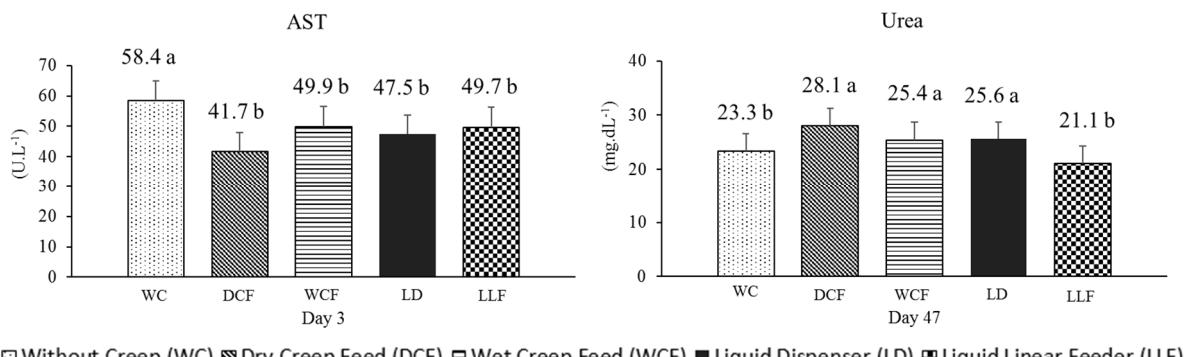


Figure 6. Parameters serum biochemical indices of the piglets in a nursery phase of 3 and 47 days under different feed protocols across suckling phase.

1 **Table 1.** Ingredient and nutrient composition of experimental diets in nursery phase.

Items, g.kg ⁻¹ as fed base	Step I	Step II	Step III	Step IV
Corn	150.0	330.0	420.0	580.0
Soybean meal, 46% CP	160.0	190.0	250.0	250.0
Pre-gel corn flour	150.0	100.0	70.0	-
Swine meat and bone meal	50.0	50.0	50.0	40.0
Spray-dried whey	190.0	130.0	60.0	-
Basemix¹ I	300.0	-	-	-
Basemix II	-	200.0	-	-
Basemix III	-	-	150.0	-
Basemix IV	-	-	-	130.0
Calculated composition (g.kg⁻¹ as fed base)²				
Dry matter	926.0	911.0	902.0	889.0
Crude protein	228.0	225.0	210.0	200.0
Ash	56.0	55.0	57.0	45.0
Crude fat	58.0	68.0	83.0	70.0
Crude Fiber	13.0	15.0	19.0	21.0
Analyzed composition (g.kg⁻¹ as fed base)				
Dry matter	931.9	923.2	914.9	902.0
Crude protein	225.7	219.7	202.8	193.8
Ash	61.3	57.4	58.6	41.9
Crude fat	69.9	48.6	65.5	52.2

2 ¹Commercial basemix. ²Calculated on the basis Rostagno (2017).

Table 2. Body weight (BW), piglet survival rate (%) and coefficient of variation (CV) of piglets under different feed protocols.

Variables	Treatments					Means	CV (%) ²	P- value ¹
	Without Creep	Dry Creep Feed	Wet Creep Feed	Liquid <i>Dispenser</i>	Liquid Linear Feeder			
Birth								
Body weight, kg	1.45	1.47	1.44	1.49	1.44	1.46	20.5	0.210
Body weight CV %	16.24	15.71	15.72	15.38	15.44	15.71	21.8	0.998
1st week								
Body weight, kg	2.68	2.55	2.43	2.61	2.50	2.65	16.0	0.136
Body weight CV %	16.02	17.12	15.98	20.55	18.11	17.36	31.9	0.596
Piglet survival rate, %	88.28	85.95	86.35	87.56	81.35	85.75	12.9	0.678
2nd week								
Body weight, kg	4.09 ^a	3.93 ^b	3.69 ^c	4.20 ^a	4.00 ^b	4.06	16.2	<0.001
Body weight CV %	18.55 ^a	15.71 ^a	16.13 ^a	25.77 ^b	16.48 ^a	18.02	25.7	0.001
Piglet survival rate, %	83.85	82.54	80.12	83.66	78.08	81.44	16.5	0.955
Farrowing								
Body weight, kg	5.22 ^a	4.97 ^b	4.69 ^c	5.32 ^a	5.27 ^a	5.13	16.4	<0.001
Body weight CV %	18.31	16.76	16.08	22.34	16.04	17.58	33.9	0.560
Piglet survival rate, %	82.99	79.89	78.64	76.50	77.32	79.14	15.2	0.508

¹Averages followed by different letters in the lines differ ($P < 0.05$) by the Scott Knott test.

²CV - Coefficient of variation;

Table 3. Serum biochemical of the piglets (n= 20 per treatment) of 7, 14 e 21 days under different feed protocols.

Variable	Treatments				CV (%)	P-value ¹	
	Without Creep	Liquid Dispenser	Liquid Linear Feeder				
AST (U.L ⁻¹)	56.2 ± 31.7	47.1 ± 15.0	55.6 ± 19.1	0.639	0.099		
Glucose (mg.dL ⁻¹)	251.3 ± 36.1	252.2 ± 39.6	265.0 ± 42.7	15.28	0.206		
Total protein (g.dL ⁻¹)	6.8 ± 1.2	7.0 ± 0.9	7.1 ± 0.8	14.99	0.098		
Albumin (g.dL ⁻¹)	2.4 ± 0.6 ^b	2.5 ± 0.5 ^a	2.6 ± 0.4 ^a	19.72	0.016		
Globulins (g.dL ⁻¹)	4.4 ± 1.1	4.5 ± 0.9	4.5 ± 0.8	23.07	0.660		
Cholesterol (mg.dL ⁻¹)	157.3 ± 44.0	165.8 ± 54.8	153.3 ± 43.8	0.85	0.995		
Triglycerides (mg.dL ⁻¹)	149.4 ± 55.1 ^b	193.7 ± 81.2 ^a	206.5 ± 55.8 ^a	30.78	<0.001		
Urea (mg.dL ⁻¹)	29.1 ± 12.9	33.3 ± 15.7	28.4 ± 15.8	12.96	0.555		
Variable	Without Creep	Dry Creep Feed	Wet Creep Feed	Liquid Dispenser	Liquid Linear Feeder	CV (%)	P-value ¹
	60.2 ± 21.0	54.4 ± 23.6	60.4 ± 13.4	55.6 ± 24.4	56.6 ± 20.5	3.95	0.379
AST (U.L ⁻¹)	236.5 ± 48.6	236.2 ± 51.5	251.6 ± 47.7	217.6 ± 48.4	239.8 ± 63.0	17.71	0.358
Glucose (mg.dL ⁻¹)	7.4 ± 1.5	7.1 ± 1.5	6.9 ± 0.9	7.5 ± 1.5	7.3 ± 1.9	6.05	0.805
Total protein (g.dL ⁻¹)	3.4 ± 0.6	3.3 ± 0.8	3.1 ± 0.5	3.2 ± 0.7	3.2 ± 0.7	20.11	0.593
Albumin (g.dL ⁻¹)	4.0 ± 1.2	3.7 ± 1.4	3.8 ± 1.1	4.2 ± 1.2	4.1 ± 1.5	33.93	0.753
Globulins (g.dL ⁻¹)	117.3 ± 32.1 ^b	133.4 ± 35.5 ^a	128.5 ± 28.5 ^a	135.3 ± 39.3 ^a	110.0 ± 22.3 ^b	2.39	0.030
Cholesterol (mg.dL ⁻¹)	125.7 ± 64.0	129.5 ± 59.0	132.5 ± 26.5	149.9 ± 56.5	152.2 ± 55.2	38.61	0.488
Triglycerides (mg.dL ⁻¹)	32.7 ± 12.6	32.6 ± 11.0	32.8 ± 17.9	30.5 ± 14.7	34.9 ± 13.3	12.38	0.911
Urea (mg.dL ⁻¹)	65.2 ± 29.2	65.1 ± 29.5	68.8 ± 35.5	57.1 ± 20.0	66.1 ± 25.1	1.19	0.718
AST (U.L ⁻¹)	232.6 ± 38.3	232.1 ± 32.8	221.4 ± 42.5	234.3 ± 48.6	240.7 ± 49.1	18.18	0.596
Glucose (mg.dL ⁻¹)	7.1 ± 1.1	6.6 ± 1.2	6.4 ± 0.7	6.6 ± 1.1	6.5 ± 1.3	11.02	0.330
Total protein (g.dL ⁻¹)	3.2 ± 0.5	3.3 ± 0.7	3.0 ± 0.4	3.3 ± 0.8	3.4 ± 1.0	10.57	0.449
Albumin (g.dL ⁻¹)	3.9 ± 0.8	3.3 ± 0.9	3.4 ± 0.8	3.3 ± 0.8	3.8 ± 2.3	28.23	0.344
Globulins (g.dL ⁻¹)	110.5 ± 25.9	109.4 ± 30.0	102.9 ± 28.2	97.1 ± 17.5	109.0 ± 29.5	25.59	0.594
Cholesterol (mg.dL ⁻¹)	118.7 ± 43.1	122.6 ± 52.7	128.6 ± 56.2	129.4 ± 49.4	130.1 ± 44.9	7.87	0.920
Triglycerides (mg.dL ⁻¹)	23.9 ± 9.4 ^a	25.1 ± 9.1 ^a	28.9 ± 12.0 ^a	26.9 ± 8.7 ^a	20.5 ± 5.7 ^b	36.95	0.044
Urea (mg.dL ⁻¹)							

¹Averages followed by different letters in the lines differ (P<0.05) by the Scott Knott test. Aspartate aminotransferase (AST: (U.L⁻¹), total protein (g.dL⁻¹), albumin (g.dL⁻¹), globulin (g.dL⁻¹), glucose (mg.dL⁻¹), cholesterol (mg.dL⁻¹), triglycerides (mg.dL⁻¹) and urea (mg.dL⁻¹).

Table 4. Feed intake and feed:gain ratio of piglets in nursery phase under different feed protocols across the suckling phase

Days	Treatment						P-value
	Without Creep	Dry Creep Feed	Wet Creep Feed	Liquid Dispenser	Liquid Linear Feeder	CV (%)	
Initial body weight, kg							
Start	5.52	5.10	5.04	5.55	5.34	17.81	0.855
7	5.91	5.45	5.64	5.98	5.70	4.10	0.466
20	9.73	8.98	9.10	9.74	9.21	6.61	0.932
36	16.20	15.66	15.33	16.56	14.85	6.77	0.278
47	22.61	22.00	21.40	23.33	20.63	6.49	0.154
Daily feed intake, kg/pig/phase							
0-3	0.127	0.154	0.148	0.136	0.135	28.58	0.910
0-20	0.224	0.261	0.246	0.239	0.238	14.35	0.406
0-36	0.362	0.380	0.356	0.387	0.351	13.77	0.721
0-47	0.487	0.491	0.498	0.516	0.474	10.79	0.622
Daily weight gain (pens). kg/pig/phase							
0-7	0.056	0.051	0.087	0.061	0.051	55.28	0.466
0-20	0.221	0.204	0.214	0.220	0.204	14.35	0.406
0-36	0.297	0.293	0.286	0.306	0.264	13.77	0.721
0-47	0.363	0.360	0.348	0.378	0.325	10.79	0.622
Feed efficiency, pig/phase							
0-7	0.449	0.317	0.601	0.449	0.313	55.80	0.302
0-20	0.996	0.797	0.872	0.918	0.884	19.82	0.635
0-36	0.827	0.778	0.806	0.793	0.761	11.94	0.846
0-47	0.749	0.726	0.713	0.735	0.717	8.43	0.916

Table 5. Serum biochemical of the piglets in a nursery phase of 3 and 47 days under different feed protocols across suckling phase.

Variables	Without Creep	Dry Creep Feed	Wet Creep Feed	Liquid Dispenser	Liquid Linear Feeder	CV (%)	P-Value ¹
Serum variables on day 3							
AST (U.L ⁻¹)	58.4 ± 15.9 ^a	41.7 ± 7.9 ^b	49.9 ± 11.8 ^b	47.5 ± 10.3 ^b	49.7 ± 10.7 ^b	23.44	0.005
Glucose (mg.dL ⁻¹)	118.6 ± 13.3	126.9 ± 13.8	124.6 ± 30.1	118.8 ± 17.1	119.1 ± 14.4	14.89	0.628
Total protein (g.dL ⁻¹)	6.1 ± 1.1	6.0 ± 1.0	6.2 ± 1.1	6.3 ± 1.0	6.2 ± 0.8	3.27	0.670
Albumin (g.dL ⁻¹)	3.5 ± 0.5	3.5 ± 0.5	3.5 ± 0.6	3.9 ± 0.7	3.8 ± 0.5	15.36	0.228
Globulins (g.dL ⁻¹)	2.6 ± 1.2	2.4 ± 1.0	2.7 ± 0.9	2.5 ± 1.0	2.4 ± 0.8	51.52	0.903
Cholesterol (mg.dL ⁻¹)	74.3 ± 15.2	80.5 ± 18.8	88.6 ± 21.5	81.2 ± 23.5	78.6 ± 20.7	22.53	0.274
Triglycerides (mg.dL ⁻¹)	51.5 ± 17.5	53.5 ± 9.1	59.2 ± 16.1	57.1 ± 21.6	57.0 ± 19.2	3.65	0.804
Urea (mg.dL ⁻¹)	19.6 ± 6.7	27.0 ± 10.9	20.6 ± 6.7	23.1 ± 8.3	27.8 ± 8.8	35.84	0.058
Serum variables on day 47							
AST (U.L ⁻¹)	42.8 ± 7.4	45.2 ± 7.1	46.8 ± 15.0	47.1 ± 10.7	45.6 ± 11.3	23.80	0.840
Glucose (mg.dL ⁻¹)	84.6 ± 28.2	81.1 ± 22.6	75.0 ± 15.9	79.7 ± 19.1	73.4 ± 19.1	0.52	0.660
Total protein (g.dL ⁻¹)	6.3 ± 1.2	6.3 ± 1.0	6.1 ± 1.0	6.7 ± 1.0	6.5 ± 0.7	15.17	0.826
Albumin (g.dL ⁻¹)	2.3 ± 0.6	2.4 ± 0.3	2.3 ± 0.4	2.5 ± 0.6	2.4 ± 0.5	23.56	0.939
Globulins (g.dL ⁻¹)	4.0 ± 1.4	4.0 ± 1.0	3.8 ± 0.8	4.2 ± 1.2	4.1 ± 0.6	9.21	0.926
Cholesterol (mg.dL ⁻¹)	78.4 ± 23.2	77.8 ± 17.6	70.6 ± 10.7	82.4 ± 18.2	72.2 ± 15.2	20.85	0.430
Triglycerides (mg.dL ⁻¹)	67.2 ± 21.4	74.9 ± 22.3	73.9 ± 20.6	71.8 ± 23.8	68.1 ± 26.0	29.04	0.806
Urea (mg.dL ⁻¹)	23.3 ± 3.8 ^b	28.1 ± 8.9 ^a	25.4 ± 2.8 ^a	25.6 ± 5.3 ^a	21.1 ± 6.0 ^b	23.12	0.026

¹Averages followed by different letters in the lines differ ($P < 0.05$) by the Scott Knott test. Aspartate aminotransferase (AST: (U.L⁻¹), total protein (g.dL⁻¹), albumin (g.dL⁻¹), globulin (g.dL⁻¹), glucose (mg.dL⁻¹), cholesterol (mg.dL⁻¹), triglycerides (mg.dL⁻¹) and urea (mg.dL⁻¹).

Table 6. Behavior of piglets (%) after weaning and transfer to the nursery on day 2.

Items, %	Without Creep	Dry Creep Feed	Wet Creep Feed	Liquid Dispenser	Liquid Linear Feeder	CV (%)	P-value
Sleeping	26	12	48	25	37	96.35	0.280
Seated	5	3	6	2	2	115.63	0.399
Drinking	5	6	3	7	5	70.12	0.459
Eating	18	27	20	17	14	63.34	0.464
Agonístico	3	3	1	1	3	105.49	0.661
Exploring	37	40	22	41	34	38.31	0.104
Idleness	7	9	1	6	5	100.86	0.184

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação no período de maternidade para leitões de linhagens com alta taxa de nascimentos pode ser uma estratégia viável.

O fornecimento de suplemento líquido com o comedouro *Dispenser* se mostrou mais eficiente em relação ao comedouro tipo calha, tanto para o maior consumo quanto para a menor contaminação do suplemento.

Não foram observados efeitos subsequentes da suplementação na fase de aleitamento sobre a fase de crescimento dos leitões.

O período de uso do suplemento deveria ser estendido por toda a fase de aleitamento para maximizar o consumo e não se limitar nos primeiros 14 dias.

5. REFERÊNCIAS

- AGRINESS 2018. Relatório Anual do Desempenho da Produção de Suínos. 11^a Edição. Melhores da suinocultura. Disponível em: <https://melhores.agriness.com/wp-content/uploads/2019/05/relatorio_melhores_da_suinocultur_11ed.pdf> Acesso em 02 de fevereiro de 2020
- ALVARENGA, A. L. N.; CHIARINI-GARCIA, H.; CARDEAL, P. C.; MOREIRA, L. P.; FOXCROFT, G. R.; FONTES, D. O.; ALMEIDA, F. R. C. L. Intra-uterine growth retardation affects birthweight and postnatal development in pigs, impairing muscle accretion, duodenal mucosa morphology and carcass traits. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 25, n. 2, p. 387–395, 2013.
- AZAIN, M. J. Young pig nutrition, use of liquid diets examined. **Feedstuffs** 23, 12–21. 1998.
- AZAIN, M. J.; TOMKINS, T.; SOWINSKI, J. S.; ARENTSON, R. A.; JEWELL, D. E. Effect of supplemental pig milk replacer on litter performance: seasonal variation in response. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 9, p. 2195–2202, 1996.
- BAXTER, E. M.; JARVIS, S.; EATH, R. B. D.; 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.
- BEAULIEU, A. D.; AALHUS, J. L.; WILLIAMS, N. H.; PATIENCE, J. F. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 8, p. 2767–2778, 2010.
- CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of Psittacine Blood Analysis and Comparative Retrospective Study of Clinical Diagnosis, Hematology and Blood Chemistry in Selected Psittacine Species. **Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice**, v. 16, n. 1, p. 71–120, 2013.
- DA SILVA, A.; DALTO, D.; LOZANO, A.; DE OLIVEIRA, E.; GAVIOLI, D.; DE OLIVEIRA, J.; ROMERO, N.; DA SILVA, C. Differences in muscle characteristics of piglets related to the sow parity. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 4, p. 471–475, 2013.
- DECALUWÉ, R.; MAES, D.; DECLERCK, I.; COOLS, A.; WUYTS, B.; DE SMET, S.; JANSSENS, G. P. J. Changes in back fat thickness during late gestation predict colostrum yield in sows. **Animal**, v. 7, n. 12, p. 1999–2007, 2013.
- DECLERCK, I.; DEWULF, J.; DECALUWÉ, R.; MAES, D. Effects of energy supplementation to neonatal (very) low birth weight piglets on mortality, weaning weight, daily weight gain and colostrum intake. **Livestock Science**, v. 183, p. 48–53, 2016.
- DERVISEVIC, E.; DERVISEVIC, M.; NYANGWEBAH, J. N.; ŠENEL, M. Development of novel amperometric urea biosensor based on Fc-PAMAM and MWNT bio-nanocomposite film. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, v. 246, p. 920–926, 2017.

- DEVILLERS, N.; FARMER, C.; LE DIVIDICH, J.; PRUNIER, A. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. **Animal**, v. 1, n. 7, p. 1033–1041, 2007.
- DOUGLAS, S. L.; EDWARDS, S. A.; SUTCLIFFE, E.; KNAP, P. W.; KYRIAZAKIS, I. Identification of risk factors associated with poor lifetime growth performance in pigs. **Journal of Animal Science**. 91:4123–4132. 2013.
- DOUGLAS, S. L.; EDWARDS, S. A.; KYRIAZAKIS, I. Management strategies to improve the performance of low birth weight pigs to weaning and their long-term consequences. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 5, p. 2280–2288, 2014.
- EVANS, G. O. **Animal Clinical Chemistry**. London: Taylor & Francis. 2^a ed. 2009.
- FERNANDES, A.; MIRANDA, A. P. Desempenho e ocorrência de diarreia em leitões alimentados com soro de leite. **Archivos de zootecnia**, v. 62, n. 240, p. 589–594, 2013.
- FERRARI, C. V.; SBARDELLA, P. E.; BERNARDI, M. L.; COUTINHO, M. L.; VAZ, I. S.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F. P. Effect of birth weight and colostrum intake on mortality and performance of piglets after cross-fostering in sows of different parities. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 114, n. 3–4, p. 259–266, 2014.
- FIX, J. S., J. P.; CASSADY, W. O.; HERRING, J. W.; HOLL, M. S.; CULBERTSON, SEE. M. P. Effects of piglet birth weight on body weight, growth, back fat, and longissimus muscle area of commercial market swine. **Livest. Sci.** 127:51–59. 2010.
- FURTADO, C.; 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 locomotoras no desempenho de leitões lactentes. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 40, n. 4, p. 1–7, 2012.
- GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Introdução à bioquímica clínica veterinária, Perfil bioquímico sanguíneo, cap.08, p. 1-11, 2003.
- GRUNKEMEYER, V. L. Advanced diagnostic approaches and current management of avian hepatic disorders. **Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice**, v. 13, n. 3, p. 413–427, 2010.
- HALES, J.; MOUSTSEN, V. A.; NIELSEN, M. B. F.; HANSEN, C. F. Individual physical characteristics of neonatal piglets affect preweaning survival of piglets born in a noncrated system. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 10, p. 4991–5003, 2013.
- HURLEY, W.L. Composition of sow colostrum and milk. In: FARMER, C (Ed.). The gestating and lactating sow. **Wageningen: Wageningen Academic Publishers**, p.193- 229, 2015.
- KIM, J. H.; HEO, K. N.; ODLE, J.; HAN, I. K.; HARRELL, R. J. Liquid diets accelerate the growth of early-weaned pigs and the effects are maintained to market weight. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 2, p. 427–434, 2001.
- KIM, S. W.; WU, G. Dietary arginine supplementation enhances the growth of milk-fed young pigs. **The Journal of nutrition**, v. 134, n. 3, p. 625–630, 2004.

- LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P.; ROSARIO-LUDOVINO, R. M. Utilization of colostral energy by the newborn pig. **Journal of animal science**, v. 72, n. 8, p. 2082–2089, 1994.
- LE DIVIDICH, J.; ROOKE, J.A.; HERPIN, P. Nutritional and immunological importance of colostrum for the new-born pig. **Journal of Agricultural Science**, v. 143, p. 469-485, 2005.
- LEPINE, A. J.; BOYD, R. D.; WELCH, J. A.; RONEKER, K. R. Effect of colostrum or medium-chain triglyceride supplementation on the pattern of plasma glucose, non-esterified fatty acids and survival of neonatal pigs. **Journal of animal science**, v. 67, n. 4, p. 983–990, 1989.
- LIMA, G.J.M.M.; MANZKE, N.E.; TAVERNARI, F.C.; KLEIN, C.H. E.; COSTA, O.A.D. Uso de permeado spray-dried (PERLAC 850®) produzido a partir de soro de leite doce em substituição ao soro de leite e a lactose pura em dietas de leitões recém desmamados. **EMBRAPA**. Concórdia. Comunicado Técnico, 507. 3 pp. 2012.
- LIN, X.; JACOBI, S.; ODLE, J. Transplacental induction of fatty acid oxidation in term fetal pigs by the peroxisome proliferator-activated receptor alpha agonist clofibrate. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 1–12, 2015.
- LI, Q.; PATIENCE, J. F. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 233, p. 22–33, 2017.
- LÓPEZ-VERGÉ, S.; GASA, J.; FARRÉ, M.; COMA, J.; BONET, J.; SOLÀ-ORIOL, D. Potential risk factors related to pig body weight variability from birth to slaughter in commercial conditions. **Translational Animal Science**, v. 2, n. 4, p. 383–395, 2018.
- MARANTIDIS, A.; PAPADOPOULOS, A. I.; MICHAILIDIS, G.; AVDI, M. Association of BF gene polymorphism with litter size in a commercial pig cross population. **Animal Reproduction Science**, v. 141, n. 1–2, p. 75–79, 2013.
- MAZUTTI, K.; KRABBE, E. L.; SUREK, D.; MAIORKA, A. Effects of processing and the physical form of diets on digestibility and the performance of nursery piglets. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 1565–1576, 2017.
- MEIJER, A.J.; LAMERS, W.H.; CHAMULEAU, R.A.F.M. Nitrogen-metabolism and ornithine cycle function. **Physiological Reviews**. 70:701–748. 1990.
- MIGLINO, M. A.; PEREIRA, F. T. V; SANTOS, T. C.; CARVALHO, A. F. A Morfologia placentária dos suínos domésticos - revisão. **Arq. Ciênc. Vet. Zoo. UNIPAR**, v.4, p.71-76, 2001.
- MORISE, A.; LOUVEAU, I.; LE HUËROU-LURON, I. Growth and development of adipose tissue and gut and related endocrine status during early growth in the pig: Impact of low birth weight. **Animal**, v. 2, n. 1, p. 73–83, 2008.
- MUNS, R.; NUNTAPAITOON, M.; TUMMARUK, P. Effect of oral supplementation with different energy boosters in newborn piglets on pre-weaning mortality, growth and serological levels of IGF-I and IgG. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 1, p. 353–360, 2017.

NICHOLSON, J. K.; HOLMES, E.; KINROSS, J. M.; DARZI, A. W.; TAKATS, Z.; LINDON, J. C. Metabolic phenotyping in clinical and surgical environments. **Nature**, v. 491, n. 7424, p. 384–392, 2012.

NOVOTNI-DANKÓ, G.; BALOGH, P.; HUZSVAI, L.; GYÖRI, Z. Effect of feeding liquid milk supplement on litter performances and on sow back-fat thickness change during the suckling period. **Arch. Anim. Breed.**, v. 58, p. 229–235, 2015.

PANZARDI, A.; BERNARDI, M. L.; 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, n. 2, p. 206–213, 2013.

PLUSKE, J. R.; PAYNE, H. G.; WILLIAMS, I. H.; MULLEN, B. P. Early feeding for lifetime performance of pigs. **Recent Adv. Anim. Nutr. Aust.** 15:171–181. 2005.

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

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

QUINIOU, N.; DAGORN, J.; GAUDRÉ, D. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, v. 78, n. 1, p. 63–70, 2002.

SANTOS, L. S.; CALDARA, F. R.; MACHADO, S. T.; NÄÄS, I. A.; FOPPA, L.; GARCIA, R. G.; MOURA, R.; MACHADO, S. P. Sows' parity and coconut oil postnatal supplement on piglets performance. **Rev. MVZ Córdoba**, v. 20, n. 2, p. 4515–4523, 2015.

SHANKAR, B. P.; MADHUSUDHAN, H.S.; HARISH, D.B. Preweaning mortality in pig causes and management. **Veterinary world**, v.2, n.6, p. 236-239, 2009.

SULABO, R. C.; JACELA, J. Y.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D.; DEROCHEY, J. M.; NELSEN, J. L. Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 9, p. 3145–3153, 2010 (a).

SULABO, R. C.; TOKACH, M. D.; DEROCHEY, J. M.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. Effects of creep feeder design and feed accessibility on preweaning pig performance and the proportion of pigs consuming creep feed. **Journal of Swine Health and Production**, v. 18, n. 4, p. 174–181, 2010 (b).

SULABO, R. C.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; GOODBAND, R. D.; DE ROUCHEY, J. M.; NELSEN, J. L. Effects of varying creep feeding duration on the proportion of pigs consuming creep feed and neonatal pig performance. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 9, p. 3154–3162, 2010 (c).

SVENDSEN, J.; WESTRÖM, B. R.; OLSSON, A. C. Intestinal macromolecular transmission in newborn pigs: Implications for management of neonatal pig survival and health. **Livestock Production Science**, v. 97, n. 2–3, p. 183–191, 2005.

TENNANT, B.C. Hepatic function. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 5th ed. London: Academic Press, 1997. p.327-352.

TURNER, J. M.; JOSEPHSON, J.; FIELD, C. J.; WIZZARD, P. R.; BALL, R. O.; PENCHARZ, P. B.; WALES, P. W. Liver disease, systemic inflammation, and growth using a mixed parenteral lipid emulsion, containing soybean oil, fish oil, and medium chain triglycerides, compared with soybean oil in parenteral nutrition-fed neonatal piglets. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 40, n. 7, p. 973–981, 2016.

VALLET, J. L.; MILES, J. R.; REMPEL, L. A. A simple novel measure of passive transfer of maternal immunoglobulin is predictive of preweaning mortality in piglets. **Veterinary Journal**, v. 195, n. 1, p. 91–97, 2013.

WU, G.; BAZER, F. W.; JOHNSON, G. A.; KNABE, D. A.; BURGHARDT, R. C.; SPENCER, T. E.; LI, X. L.; WANG, J. J. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM: Important roles for l-glutamine in swine nutrition and production. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 7, p. 2017–2030, 2011.

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, n. 8, p. 2657–2664, 2010.

WU, G.; KNABE, D. A; KIM, S. W. Arginine nutrition in neonatal pigs. **The Journal of nutrition**, v. 134, n. 10 Suppl, p. 2783S–2790S; discussion 2796S–2797S, 2004.

XU, R. J.; CRANWELL, P. The neonatal pig - gastrointestinal physiology nutrition. **Nottingham University Press. Nottingham**, 360 p. 2003.

ZOTTI, E.; RESMINI, F. A.; SCHUTZ, L. G.; VOLZ, N.; MILANI, R. P.; BRIDI, A. M.; ALFIERI, A. A.; ABÉRCIO DA SILVA, C. Impact of piglet birthweight and sow parity on mortality rates, growth performance, and carcass traits in pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 11, p. 856–862, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1 – Carta de aceite do comitê de ética experimental



**Comissão de Ética no
Uso de Animais**

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Desempenho zootécnico de leitões na maternidade suplementados com dietas líquidas em diferentes alimentadores e efeitos nas fases subsequentes de creche e terminação", protocolada sob o CEUA nº 5791221118 (ID 000784), sob a responsabilidade de **Diovani Paiano** e equipe; **Fernando Zimmer** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 12/12/2018.

We certify that the proposal "Zootechnical performance of piglets in maternity supplementary liquid diets with different feeders and effects on subsequent nursery and termination", utilizing 750 Swines (males and females), protocol number CEUA 5791221118 (ID 000784), under the responsibility of **Diovani Paiano and team; Fernando Zimmer** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 12/12/2018.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **01/2019** a **12/2019** Área: **Zootecnia**

Origem:	Animais provenientes de estabelecimentos comerciais						
Espécie:	Suínos	sexo:	Machos e Fêmeas	idade:	0 a 180 dias	N:	750
Linhagem:	Linhagem comercial			Peso:	1 a 120 kg		

Local do experimento: O experimento será realizado em uma unidade comercial de produção de leitões (UPL) localizada no Oeste Catarinense.

Lages, 12 de dezembro de 2018

Marcia Regina Pfuetzenreiter
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Ubirajara Maciel da Costa
Vice-Cordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

ANEXO 2 – Equipamentos para fornecimento A- Tipo calha e B tipo *Dispenser* (*Prosper*)® para alimentação líquida de leitões na fase de maternidade.



A



B