



ELOIZA LANFERDINI

**ESTUDOS METANALÍTICOS DE
INDICADORES PRODUTIVOS EM
SUINOCULTURA**

LAVRAS - MG

2016

ELOIZA LANFERDINI

**ESTUDOS METANALÍTICOS DE INDICADORES PRODUTIVOS EM
SUINOCULTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Nutrição e Produção de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu

**LAVRAS - MG
2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Lanferdini, Eloiza.

Estudos metanalítico de indicadores produtivos em
suinocultura: / Eloiza Lanferdini. – Lavras: UFLA, 2016.
93 p.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2016.
Orientador(a): Márvio Lobão Teixeira de Abreu.
Bibliografia.

1. Gestação. 2. Nutrição. 3. Peso ao nascer. 4. Revisão
sistemática. 5. Suinocultura. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

ELOIZA LANFERDINI

**ESTUDOS METANALÍTICOS DE INDICADORES PRODUTIVOS NA
SUINOCULTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Nutrição e Produção de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 18 de dezembro de 2015.

Dr. Alysson Saraiva	UFV
Dr. Peter Bitencourt Faria	UFLA
Dr Rony Antonio Ferreira	UFLA
Dr. Cesar Augusto Pospissil Garbossa	UFLA

Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu
Orientador

LAVRAS – MG

2016

DEDICO

*À minha amada família, dedico este trabalho
e todas as conquistas que virão!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela saúde e por iluminar cada passo de minha vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do DZO/UFLA, pela oportunidade de cursar o doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Márvio Lobão Teixeira de Abreu, pela orientação, incentivo, amizade e por ter acreditado em mim.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial ao Dr. Vinicius de Souza Cantarelli, Dr. Rony Antonio Ferreira e Dr. Paulo Cesar de Aguiar Paiva, pelos ensinamentos e apoio.

Aos professores Dr. Rony Antonio Ferreira, Dr. Peter Bitencourt Faria, Dr. Alysson Saraiva e Dr. Cesar Augusto Pospissil Garbossa por aceitarem o convite em participar da banca avaliadora.

À equipe do Núcleo de Estudos em Suinocultura (Nesui-UFLA), pela maravilhosa receptividade, companheirismo, amizade e apoio.

Aos meus queridos amigos, Ines Andretta e Marcos Kipper, pela amizade, paciência e os milhares ensinamentos. À Tais Regina Taffarel e Henrique Gurgel por ter me encorajado a cursar o doutorado na UFLA e por estar do meu lado todo esse tempo. Aos amigos-irmãos que Lavras me presenteou, Bárbara Azevedo Pereira, Mariele Teles, Leonardo da Silva Fonseca, Cesar Augusto Pospissil Garbossa, pela amizade, paciência e apoio sempre. E a todos meus amigos que estiveram comigo durante essa fase maravilhosa da minha vida e que de certa maneira sempre me ajudaram.

Aos meus pais Sadi Lanferdini e Idene Stefanon Lanferdini e aos meus irmãos Eliseu e Henrique, por sempre estarem ao meu lado.

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

Os objetivos com este estudo foram (1) avaliar o efeito do peso ao nascer dos leitões sobre o desempenho e características de carcaça dos suínos e (2) avaliar o consumo de nutrientes em fêmeas suínas gestantes, através de um estudo metanalítico. Duas bases de dados foram realizadas com base em técnicas de revisão sistemática. A base de dados 1 foi composta de 28 artigos (publicados entre 2000 e 2014) e usada para avaliação do efeito do peso ao nascer. A base de dados 2 foi composta por 12 artigos com fêmeas suínas primíparas e 24 artigos com fêmeas suínas múltiparas (publicados entre 2004 e 2014) para avaliação da nutrição da fêmea suína gestante. Leitões mais leves ao nascimento apresentaram ($P < 0,05$) peso absoluto dos órgãos também mais leves. O peso ao nascimento dos leitões influenciou ($P < 0,05$) o peso médio e ganho de peso em todas as fases de criação subsequentes, com leitões pesados ao nascimento apresentando peso 6,61 kg superior ao abate (150 dias de idade), em relação aos leitões que nasceram leves. A eficiência alimentar melhorou ($P < 0,05$) em leitões mais pesados ao nascimento, na fase de crescimento e terminação. A idade ao abate para atingir 110 kg de peso diminuiu ($P < 0,05$) em 12,1 dias em leitões que nasceram mais pesados em comparação com os animais nascidos leves. Leitões com diferentes pesos ao nascimento não diferiram ($P > 0,05$) em relação às características de carcaça e qualidade de carne. Porém, leitões nascidos leves apresentaram superior peso relativo de barriga (0,5%; $P < 0,05$), inferior peso do pernil (4,4%; $P < 0,05$) e inferior peso do coração e fígado ao abate (6,8%; $P < 0,05$) em comparação aos leitões com alto peso ao nascimento. Os estudos com fêmeas suínas (base de dados 2) avaliaram principalmente a nutrição no terço final de gestação, com predominância da mesma quantidade de ração fornecida durante todo o período gestacional. A maioria dos trabalhos avaliados apresentou consumo de nutrientes superiores ao preconizado pelas últimas versões do National Research Council - NRC (2012) e das Tabelas Brasileiras (2011). O peso ao nascimento dos leitões interfere no peso dos órgãos ao nascimento e no desempenho nas fases subsequentes. Os estudos publicados nos últimos 14 anos usam níveis nutricionais mais elevados que as recomendações de exigências nutricionais para fêmeas suínas gestantes e com fornecimento da mesma quantidade de ração.

Palavras-chave: Gestação. Nutrição. Peso ao nascer. Revisão sistemática. Suinocultura.

GENERAL ABSTRACT

The objective in this study was (1) to evaluate the effect of piglets' birth weight on performance and carcass characteristics and (2) to evaluate the nutrient intake in pregnant sows, by means a meta-analytic study. Two databases were built based on systematic review techniques. The database 1 was composed of 28 articles (published from 2000 to 2014) and used to evaluate the birth weight effect. The database 2 was composed for 12 articles having primiparous sows and 24 articles with multiparous sows (published from 2004 to 2014) to assess the nutrition of pregnant sows. Lighter piglets at birth showed ($P<0.05$) lower organs weights. The piglet birth weight influenced ($P<0.05$) average weight and weight gain in all subsequent growth phases, with heaviest piglets at birth showing weight 6.61 kg higher at slaughter (150 days of age) in relation to lightest piglets at birth. The feed efficiency in growing-finishing phase improved ($P<0.05$) in heaviest piglets at birth. The age at slaughter to achieve 110 kg of body weight decreased ($P<0.05$) in 12.1 days in piglets born heavier compared with animals born lighter. Piglets with different birth weights did not differ ($P>0.05$) in relation to the carcass characteristics and meat quality. However, lightest piglets at birth showed higher relative belly weight (0.5%; $P<0.05$), lower weight ham (4.4%; $P<0.05$) and lower weight of the heart and liver at slaughter (6.8%; $P<0.05$) compared to piglets with highest birth weight. The studies with sows (database 2) mainly evaluated the nutrition in late pregnancy, using predominantly the same amount of feed provided during the pregnancy. Most of the studies showed nutrient intake higher than the recommended by the latest versions of the National Research Council - NRC (2012) and the Brazilian Tables (2011). The piglets' birth weight interferes in organ weights at birth and performance in later growth stages. Studies published in the last 14 years using higher nutrient levels that the recommendations of nutritional requirements for pregnant sows and providing the same amount of feed.

Keywords: Pregnancy. Nutrition. Birth weight. Systematic review. Swine production.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1** Exigência de lisina digestível ileal estandarizada de fêmeas suínas primíparas e múltiparas em função do período da gestação (NRC, 2012)..... 29

SEGUNDA PARTE – ARTIGO 1

- Figura 1** Peso médio e amplitude do peso ao nascimento dos leitões segundo a classificação em alto, normal e baixo peso ao nascer..... 63

SEGUNDA PARTE – ARTIGO 2

- Figura 1** Nível de proteína e de lisina nas rações de gestação de fêmeas suínas primíparas nas diferentes fases..... 89

- Figura 2** Nível de proteína e de lisina nas rações de gestação de fêmeas suínas múltiparas nas diferentes fases..... 90

- Figura 3** Relação entre os níveis recomendados de nutrientes para fêmeas suínas primíparas (segundo o NRC (2012) – NRC; e as Tabelas Brasileiras (2011) – BR) e os níveis efetivamente fornecidos. A relação foi expressa em percentual para facilitar a visualização. Cada ponto representa um tratamento na base de dados..... 92

- Figura 4** Relação entre os níveis recomendados de nutrientes para fêmeas suínas múltiparas (segundo o NRC (2012) – NRC; e as Tabelas Brasileiras (2011) – BR) e os níveis efetivamente fornecidos. A relação foi expressa em percentual para facilitar a visualização. Cada ponto representa um tratamento na base de dados..... 93

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE – ARTIGO 1

Tabela 1	Correlação e médias de peso e porcentagem dos órgãos de leitões com diferentes pesos ao nascimento.....	64
Tabela 2	Equações obtidas por análise de covariância para as respostas de peso dos órgãos (g) ao nascimento em função do peso ao nascer dos leitões (PN, expresso em kg).....	65
Tabela 3	Correlação e desempenho dos leitões com diferentes pesos ao nascimento.....	66
Tabela 4	Equações obtidas por análise de covariância para peso e ganho de peso de suínos nas diferentes fases de criação em função do peso ao nascer (PN, expresso em kg).....	67
Tabela 5	Correlação e médias de características de carcaça de leitões com diferentes pesos ao nascimento.....	68
Tabela 6	Correlação e médias de peso relativo e absoluto dos órgãos ao abate de leitões com diferentes pesos ao nascimento.....	69
Tabela 7	Correlação e médias de características de qualidade de carne de leitões com diferentes pesos ao nascimento.....	70

SEGUNDA PARTE – ARTIGO 2

Tabela 1	Mínimo, médio e máximo dos níveis nutricionais da dieta gestação e consumo de nutrientes de fêmeas suínas primíparas e multíparas.....	91
-----------------	--	----

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE.....	13
1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Peso ao nascimento.....	15
2.2	Fatores que influenciam o peso ao nascimento.....	16
2.3	Consequências do peso ao nascimento.....	20
2.3.1	Peso dos órgãos.....	20
2.3.2	Desempenho.....	21
2.3.3	Características de carcaça.....	23
2.3.4	Qualidade da carne.....	24
2.4	Nutrição da fêmea suína gestante.....	25
2.4.1	Fases gestacionais.....	25
2.4.1.1	Fase inicial da gestação (primeiros 21 dias).....	26
2.4.1.2	Fase intermediária da gestação (22 a 75 dias).....	26
2.4.1.3	Fase final da gestação (76 dias ao parto).....	27
2.4.2	Ordem de parto.....	28
2.4.3	Exigências nutricionais.....	29
2.5	Revisão sistemática e meta-análise.....	32
	REFERÊNCIAS.....	34
	SEGUNDA PARTE.....	43
	ARTIGO 1 - Peso ao nascer dos leitões, desempenho, características de carcaça e qualidade de carne: um estudo metanalítico.....	43
1	INTRODUÇÃO.....	45
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3	RESULTADOS.....	49
4	DISCUSSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	58
	ARTIGO 2 - Estudo exploratório do consumo de nutrientes em fêmeas suínas gestantes.....	71
1	INTRODUÇÃO.....	73
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	75
3	RESULTADOS.....	77
3.1	Descrição geral.....	77
3.2	Descrição base de dados com fêmeas suínas primíparas.....	77

3.3	Descrição base de dados com fêmeas suínas múltiparas.....	78
3.4	Comparação do consumo de nutrientes.....	79
4	DISCUSSÃO.....	81
5	CONCLUSÕES.....	85
	REFERÊNCIAS.....	86

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Um dos aspectos atuais na produção de suínos é a exploração de fêmeas hiperprolíficas. Essas fêmeas produzem, em alguns sistemas, mais de 30 leitões desmamados por ano (AGRINESS, 2014). Isto se deve à seleção de linhagens europeias de alta prolificidade ou, ainda, ao cruzamento destas com raças chinesas, notadamente grandes produtoras de leitões. Como consequência, houve o surgimento de problemas relacionados com o peso ao nascimento e leitegadas desuniformes, contribuindo com uma maior variabilidade de peso entre os leitões (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002).

O baixo peso ao nascimento ocorre em todas as espécies domésticas de mamíferos estudadas, porém, a espécie suína é considerada o maior exemplo (WU et al., 2006). Nas condições atuais, a correlação entre o número de leitões nascidos e o peso ao nascer é inversamente proporcional. O peso médio do leitão é reduzido entre 25 e 35 g para cada leitão nascido total a mais e o percentual de nascidos abaixo de 1,00 kg de peso aumenta de 7,0 para 23%, em leitegadas acima de 16 leitões (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002). Uma das características dos leitões com baixa viabilidade é órgãos corporais internos menores (PARDO et al., 2013), com efeitos negativos no recém-nascido em toda a vida pós-natal, sobrevivência pós-desmame, crescimento pós-natal, eficiência alimentar, composição dos tecidos (proteína, gordura e minerais), qualidade da carne, funções reprodutivas e desempenho (WU et al., 2006).

O aumento da disponibilidade de nutrientes para os embriões e/ou fetos pode ser uma alternativa para minimizar e/ou evitar o aparecimento de leitões com baixo peso ao nascimento. Para tanto, um programa nutricional para fêmeas

suínas gestantes deve levar em consideração o fornecimento de nutrientes em quantidades adequadas para a formação e desenvolvimento dos embriões/fetos, placenta e anexos placentários. Sendo que as exigências de fêmeas suínas gestantes dependem da fase gestacional, ordem de parto, genética e dos fatores ambientais.

O interesse por linhas de pesquisa que relacionam a nutrição das fêmeas suínas com o peso ao nascer dos leitões tem crescido na última década. Porém, ainda não está elucidada qual a influência do peso ao nascer no desempenho dos suínos e quais os efeitos da nutrição da fêmea suína hiperprolífica, apresentando resultados contraditórios e/ou inconclusivos em diversas variáveis experimentais. Neste contexto, a metanálise tornou-se uma ferramenta essencial para integrar os resultados de diversos estudos em um mesmo tema de pesquisa e extrair informações adicionais destes dados.

Portanto, através deste estudo metanalítico objetivou-se (1) avaliar a relação entre peso ao nascimento dos leitões, desempenho animal, características de carcaça e qualidade da carne e (2) avaliar o consumo de nutrientes das fêmeas suínas gestantes, nas pesquisas publicadas entre 2000 e 2014.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Peso ao nascimento

A seleção de fêmeas suínas voltadas para a produção de um número maior de leitões por leitegada ocasionou na diminuição do peso ao nascimento (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002). Sendo que, o padrão para baixo peso é avaliado considerando o peso fetal ou peso ao nascimento inferior a dois desvios-padrão da média de peso corporal para a idade gestacional (WU et al., 2008).

Esses leitões com baixo peso ao nascimento representam diversos desafios à produtividade futura, muitos relacionados ao aumento na variabilidade da leitegada. Isso ocorre porque os leitões de baixo peso podem ter uma desvantagem competitiva, por exemplo, na disputa pelos tetos durante a fase de amamentação em leitegadas menos uniformes. A alta variabilidade no peso ao nascer dos leitões de uma leitegada, também está associada à maior variabilidade da leitegada ao desmame e ao crescimento mais variável após o desmame (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002).

O baixo peso ao nascer também está associado à elevada morbidade e mortalidade neonatal em todas as espécies de animais mamíferos, devido à relação do peso ao nascer e a maturidade comportamental e fisiológica. Leitões com baixo peso ao nascer têm menor nível de energia corporal, alta sensibilidade ao frio, levam mais tempo para realizar a primeira mamada e dificilmente conseguem disputar os melhores tetos, por isso, representam a categoria com as menores chances de sobrevivência (LAY et al., 2008). Em torno de 86% dos leitões pesando menos de 800 g ao nascimento não sobrevivem durante a fase de lactação (GONDRET et al., 2005) e leitões pesando ao nascimento menos 1,10 kg representam 76% de mortes pré-desmame (WU et al., 2010).

Uma importante interferência do peso ao nascimento é sobre a ingestão de colostro, pois está relacionada com a vitalidade e habilidade para estimular a glândula mamária e extrair o colostro (DEVILLERS et al., 2008). A heterogeneidade do peso dos leitões também pode ser determinante para a variação da ingestão individual de colostro. Para cada 100 gramas a mais de peso ao nascer, há um incremento de 28 gramas de colostro ingerido (DEVILLERS et al., 2008). Outra consequência do expressivo aumento no número de nascidos é o aumento do coeficiente de variação do peso dentro da leitegada, ou seja, maior desuniformidade da leitegada (MILLIGAN; FRASER; KRAMER, 2002).

2.2 Fatores que influenciam o peso ao nascimento

Alguns fatores podem influenciar o peso ao nascimento dos leitões, como a hiperprolificidade (MILLIGAN; FRASER; KRAMER, 2002), capacidade uterina (BÉRARD et al., 2010), eficiência placentária (BAXTER et al., 2008), restrição do crescimento intrauterino (DHAKAL et al., 2013) e a nutrição da fêmea durante a gestação (CLOSE; COLE, 2001). A atual seleção para fêmeas hiperprolíficas resultou no aumento do tamanho da leitegada, porém, o espaço uterino disponível e a eficiência placentária não acompanharam essa evolução. Desta forma, o desenvolvimento fetal foi comprometido, resultando em aumento no número de leitões com baixo peso (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002). O aumento no tamanho da leitegada de 11 para 16 leitões por leitegada representa em média 35g a menos por leitão a mais nascido (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002).

A diminuição do espaço uterino para todos os fetos que se encontram em desenvolvimento, acarreta na diminuição do peso ao nascimento e um aumento na variação do peso. Este evento é determinado ao redor do 15º ao 16º dia de

gestação, momento em que há um aumento da associação entre microvilosidades do endométrio e do concepto, através da interdigitação de ambos (DANTZER; WINTHER, 2001). Esta adesão entre concepto e endométrio, é fundamental para que seja delimitado o espaço uterino disponível para cada concepto competir pelos nutrientes necessários para sua sobrevivência, e assim, permitindo um bom desenvolvimento (GEISERT; YELICH, 1997).

Antes do 35º dia de gestação, os embriões suínos estão uniformemente distribuídos dentro de cada corno uterino e seus pesos não se diferem consideravelmente dentro de cada leitegada. No entanto, depois do 35º dia, a capacidade uterina torna-se um fator limitante para o crescimento fetal ainda que os fetos estejam distribuídos de forma relativamente uniforme (BAZER et al., 2009).

A formação da placenta apresenta um desenvolvimento expressivo do 12º ao 30º dia de gestação, sendo que após este período, a placenta encontra-se completamente formada, entretanto, seu crescimento continua até em torno do 70º dia de gestação (ECHEVERRI, 2004). Já as membranas embrionárias crescem rápido, dentro de um período que vai do 20º ao 60º dia de gestação. Posteriormente, esta taxa de crescimento diminui consideravelmente, sendo que ao 70º dia de gestação, a placenta e o embrião encontram-se com pesos semelhantes. Neste momento, a placenta cessa seu crescimento, porém os fetos continuam a se desenvolver até o momento do nascimento.

O peso ao nascimento é dependente da quantidade de nutrientes fornecidos através da placenta, sendo influenciado pelo tamanho (massa, superfície) e fluxo sanguíneo (KNOL; LEENHOUWERS; VAN DER LENDE, 2002), características intimamente relacionadas à eficiência placentária. A eficiência placentária, por sua vez, é medida através da divisão do peso ao nascimento do leitão pelo peso de sua placenta. Uma eficiência placentária elevada permitiria que placentas menores fossem capazes de manter o desenvolvimento fetal adequado, sem afetar sua viabilidade (BIENSEN;

WILSON; FORD, 1998). As taxas de fluxo sanguíneo e conseqüentemente o fornecimento de nutrientes para os conceptos depois do 30º dia de gestação variam muito ao longo do comprimento do útero da fêmea gestante (PÈRE; ETIENNE, 2000), devido a diferenças na estrutura e na densidade da sua vascularização (FORD; VONNAHME; WILSON, 2002). O fornecimento de nutrientes para o feto em desenvolvimento é influenciado pela idade materna e composição corporal no momento da concepção, a nutrição materna durante a gestação, o tamanho da leitegada, e o tamanho e a eficiência da placenta.

O menor crescimento do feto suíno está associado com uma placenta menor, que tem fluxo de sangue mais lento (WOOTON; MCFADYEN; COOPER, 1977) e vasos em menor número e menos densos (BAXTER et al., 2008). Existem várias diferenças bioquímicas entre as placentas de um feto suíno normal e um feto menor. Esta diminuição da capacidade de transporte para o feto pode ser associada com as concentrações plasmáticas reduzidas de vários aminoácidos essenciais em fetos pequenos quando comparados com os seus irmãos de tamanho normal (ASHWORTH; NWAGWU; MCARDLE, 2013).

Uma vascularização insuficiente da placenta e um menor fluxo sanguíneo levam a uma deteriorização progressiva da função placentária, levando a diminuição da transferência transplacentária de oxigênio e nutrientes para os fetos, resultando em crescimento intrauterino retardado (GAGNON, 2003). De modo geral, este fenômeno pode ser definido como um comprometimento no crescimento e desenvolvimento de embriões e/ou fetos de mamíferos durante a gestação (WU et al., 2006). Na espécie suína, trata-se de um fenômeno comum em fêmeas hiperprolíficas, uma vez que há uma intensa disputa intrauterina entre os fetos. Fêmeas suínas Meishan aparecem como uma exceção no que diz respeito à ocorrência de crescimento intrauterino retardado, pois, apesar de serem hiperprolíficas e apresentarem, relativamente, uma

placenta mais leve, elas apresentam um alto grau de vascularização da mesma, o que permite uma melhor troca materno-fetal (FORD, 1997).

Nas espécies múltiparas, como na suína, há naturalmente uma variação no peso ao nascimento, sendo esta variação fortemente relacionada com o número de fibras musculares. Leitões com menor peso ao nascimento apresentam um menor número de fibras musculares, sendo decorrente de um menor número de fibras que se diferenciaram durante o período de miogênese pré-natal, por motivos genéticos (cruzamento, genótipo) ou maternos (nutrição). Este número de fibras reduzido torna estes leitões menos capazes de apresentar uma recuperação em termos de desempenho e ganho de peso no período pós-nascimento (REHFELDT; KUHN, 2006).

O desenvolvimento das fibras musculares dos leitões durante a gestação ocorre em duas etapas distintas (BEE, 2004). As primeiras fibras musculares pré-natais formadas são denominadas fibras musculares primárias. Uma vez formadas, elas atuam como estruturas nas quais os mioblastos se unem para formar as fibras musculares secundárias. A fibra primária é influenciada diretamente pela genética e não afetada por nutrição ou condições do ambiente uterino. A segunda formação engloba o período de hiperplasia das fibras musculares secundárias (55 a 90 dias de gestação) (FOX-CROFT et al., 2006). Esta fase é determinada por eventos pré-natais, relacionados, principalmente, a fatores nutricionais e limitação do espaço uterino da fêmea durante o desenvolvimento fetal. Alterações no ambiente uterino durante períodos precoces da gestação podem comprometer o bom desenvolvimento embrionário e fetal levando a diferenças inerentes ao peso da leitegada e, conseqüentemente, prejudicando o desempenho pós-natal do leitão.

2.3 Consequências do peso ao nascimento

2.3.1 Peso dos órgãos

Uma das características do baixo peso ao nascimento dos leitões é seu efeito prejudicial sobre os órgãos internos. O desenvolvimento dos diferentes órgãos em animais com baixo peso ao nascimento durante a gestação é simetricamente restrito, resultando em órgãos internos menores (WU et al., 2006). Fígado, rins, coração, pulmões, baço e pâncreas têm uma relação positiva com o peso corporal (BÉRARD et al., 2010; D'INCA et al., 2011).

A relação entre o peso do cérebro e o peso do fígado tem sido a medida mais utilizada para mensurar o crescimento intrauterino prejudicado (BAUER et al., 1998). Em animais normais, esta relação é menor que um. Leitões com baixo peso ao nascimento apresentam maiores valores da relação peso do cérebro / peso do fígado. Ou seja, o crescimento e desenvolvimento do cérebro são beneficiados em detrimento ao crescimento dos demais órgãos, demonstrando claramente os efeitos do baixo peso ao nascer sobre o desenvolvimento neonatal.

A manutenção do peso do cérebro parece ser de importância fundamental para todos os fetos, quer sejam de peso normal ou com restrição de crescimento (MCMILLEN et al., 2001). Portanto, enquanto os mecanismos de compensação podem manter o crescimento do cérebro de maneira desproporcional nos fetos com crescimento restrito, mecanismos fisiológicos similares devem operar, embora em menor proporção, de forma a assegurar que o peso cerebral seja mantido dentro de uma faixa ideal, mesmo nos animais com crescimento aparentemente normal.

A avaliação do peso relativo dos órgãos (relação entre peso do órgão: peso corporal), é utilizada para expressar o peso dos órgãos do leitão recém-nascido como uma proporção do peso corporal, a fim de investigar de forma mais aprofundada o

seu padrão de desenvolvimento. Esta avaliação tem sido tradicionalmente utilizada para ilustrar os padrões de crescimento dos órgãos em indivíduos de diferentes pesos. Tal método é particularmente útil para ilustrar o conceito de "*brain sparing*" (efeito de "poupar o cérebro") (HARDING et al., 2006).

O intestino delgado e o músculo esquelético são desproporcionalmente reduzidos e as suas funções são severamente prejudicadas em leitões com baixo peso ao nascimento. Os órgãos e os músculos dos leitões mais leves são menores que os dos seus irmãos de leitegada e, além disso, contêm menos proteínas e DNA (WANG et al., 2008). Efeitos deletérios sobre a função renal em leitões recém-nascidos com baixo peso podem ser observados, pois, apresentam a taxa de filtração glomerular e a depuração osmótica reduzida (BAUER et al., 2002). O coração pode ser menos afetado, pois ele se desenvolve mais cedo do que outros órgãos durante a gestação, e os efeitos das condições adversas ambientais sobre o seu desenvolvimento pode ser relativamente limitado (WANG et al., 2005).

2.3.2 Desempenho

Além das consequências já descritas anteriormente, a restrição do crescimento fetal em suínos também está associada com o baixo peso ao nascer e o aumento do risco de morte fetal e neonatal (XU et al., 1994). Pode-se dizer que a restrição do crescimento fetal tem impactos negativos permanentes sobre a fase neonatal até a vida extrauterina: sobrevivência pré-desmame, crescimento pós-natal, eficiência de utilização de alimentos, saúde ao longo da vida do animal, composição de tecidos corporais (incluindo a proteína, gordura e sais minerais) e qualidade da carne (WU et al., 2006).

O peso ao nascimento interfere no peso ao desmame e no desempenho posterior até o abate (PANZARDI et al., 2009). Os leitões pequenos ao nascimento, continuam apresentando menores pesos ao longo das fases de

produção (QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002) e requerem um maior número de dias para alcançar o peso de abate em relação aos seus irmãos maiores de mesma leitegada (GONDRET et al., 2006). Estudos recentes têm relatado o efeito do peso ao nascer sobre o desempenho dos leitões nas fases de creche e terminação, o que vem sendo chamado de efeito multiplicador dos pesos (ALVARENGA et al., 2013; BEAULIEU et al., 2010; QUINIOU; DAGORN; GAUDRÉ, 2002; REHFELDT; KUHN, 2006). A principal explicação biológica para esse efeito está relacionada com o desenvolvimento das fibras musculares nos fetos suínos, que ocorre de forma diferenciada entre leitões leves e pesados ao nascimento (REHFELDT; KUHN, 2006). Entretanto, alguns relatos não encontraram variação consistente no número total de fibras em relação ao peso de nascimento (DWYER; FLETCHER; STICKLAND, 1993).

A taxa de crescimento pós-natal dos suínos é determinada por diversos fatores, sendo, atualmente, o número de fibras musculares o fator mais discutido. Os eventos pré-natais (tais como, o genótipo, a nutrição da porca, o fluxo de oxigênio e nutrientes através da placenta) podem influenciar a diferenciação das fibras musculares e determinar o número destas fibras, bem como sua taxa de crescimento. No entanto, além do número de miofibras, o crescimento de um animal depende, em parte, de sua capacidade para digerir e assimilar macromoléculas ingeridas, sendo o trato gastrointestinal de fundamental importância para o crescimento dos suínos. Estes dois sistemas (músculo esquelético e trato gastrointestinal) podem ser considerados como fatores limitantes ao desempenho pós-natal dos animais.

Boa parte da variação de desempenho de crescimento após o nascimento pode estar pré-programada durante o desenvolvimento fetal no útero. Porém, isso somente é expresso nos estádios finais do crescimento e terminação (FOXCROFT; TOWN, 2004). Estes efeitos não estariam limitados somente ao desenvolvimento muscular e ao crescimento, mas, também, a um

comprometimento do sistema imunológico em decorrência de crescimento intrauterino retardado (BARKER et al., 1990).

2.3.3 Características de carcaça

A afirmação de que o peso ao nascimento afetaria as características da carcaça suína continua bastante controversa. Alguns estudos associam o baixo peso ao nascer com carcaças mais leves, atribuindo-se estes resultados a um menor número total de fibras musculares (BEE, 2004; GONDRET et al., 2005). Outros trabalhos mostram que, nem o peso ao nascimento, nem o número de fibras musculares, influenciariam os parâmetros de carcaça (BEAULIEU et al., 2010; BÉRARD; KREUZER; BEE, 2008). A redução do número de fibras está associada com a sua hipertrofia limitada observada durante o período de crescimento/terminação, quando ocorre menor deposição de proteínas musculares e maior deposição de gordura nos animais que nasceram mais leves (KUHN et al., 2002). Apesar de alguns trabalhos não indicarem diferenças para as variáveis espessura de toucinho e carne magra na carcaça (ALVARENGA et al., 2013; WOLTER; ELLIS, 2001). O efeito do peso ao nascimento sobre a gordura na carcaça é mais evidente em fêmeas em relação aos suínos do sexo masculino (POORE; FOWDEN, 2004). Portanto, uma possível causa da ausência ou presença de resposta, pode estar relacionada à categoria sexual dos leitões utilizados nos trabalhos.

Com relação à tipificação da carcaça, os resultados mostraram que o peso ao nascimento afeta os pesos de cortes da carcaça. Assim, os cortes pernil, lombo, barriga e paleta apresentam maior peso nas carcaças dos suínos com alto peso ao nascimento (ALVARENGA et al., 2013; GONDRET et al., 2005). No entanto, resultados similares de peso de cortes da carcaça em suínos nascidos leves e pesados também são encontrados (BEAULIEU et al., 2010).

2.3.4 Qualidade da carne

A suinocultura industrial melhora continuamente a qualidade de seus produtos não só através da genética, mas também por meio de estratégias nutricionais e de manejo, que resultam em carcaça com maior quantidade de carne, menor espessura de toucinho e maior área de olho de lombo. Tais características são interessantes para a indústria, uma vez que há maior possibilidade de agregar valores ao produto final e, ao mesmo tempo, atender às exigências do mercado consumidor por um produto de melhor qualidade. Embora o peso ao nascimento dos leitões esteja relacionado ao número de fibras musculares (KUHN et al., 2002; OKSBJERG; SORENSEN; VESTERGAARD, 2002), ao diâmetro da fibra (NISSEN; JORGENSEN; OKSBJERG, 2004) e à sua densidade (STICKLAND; GOLDSPINK, 1975), as características de qualidade da carne como pH, temperatura, perdas por gotejamento, descongelamento e cocção, além dos parâmetros de cor, são pouco afetados.

Entre as diferenças de qualidades de carne de leitões leves ao nascimento, podemos citar menor valor de pH aos 45 minutos *post mortem* (REHFELDT et al., 2008). As pequenas variações observadas no pH, podem ser explicadas tanto pela velocidade quanto pela extensão de redução do pH *post mortem*, capazes de serem influenciadas por fatores intrínsecos, tais como espécie, tipo de fibra muscular, variabilidade entre os animais, e também por fatores extrínsecos, como temperatura ambiente e manejo pré-abate (LAWRIE, 1998). Os efeitos do peso ao nascimento sobre as características de qualidade da carne são mínimas ou inexistentes (BEAULIEU et al., 2010; BERARD et al., 2008). As diferenças observadas entre os estudos, podem ser atribuídas às diferenças das linhagens genéticas utilizadas e pode ser afetado pela taxa de refrigeração no ambiente *post mortem*.

2.4 Nutrição da fêmea suína gestante

A evolução na nutrição de fêmeas suínas deve-se principalmente à necessidade que os nutricionistas tiveram de adequar os programas nutricionais ao potencial genético e à capacidade de produção das fêmeas suínas atualmente disponíveis no mercado. Ainda assim, os desafios continuam, pois a hiperprolificidade destas fêmeas, mesmo sendo economicamente favorável, aumenta a variabilidade do peso dos leitões ao nascimento e favorece a ocorrência de leitões menores.

As fêmeas suínas atuais são mais precoces, mais produtivas e nutricionalmente mais exigentes. Uma suplementação inapropriada de nutrientes, pode resultar em leitões com baixo peso ao nascimento cuja sobrevivência e desenvolvimento pós-natal já estarão comprometidos. Portanto, o não atendimento das exigências influencia a taxa de crescimento e desenvolvimento dos fetos no útero e conseqüentemente o peso ao nascimento (CLOSE; COLE, 2001). Sendo assim, é necessário o conhecimento dos diversos componentes que influenciam diretamente as exigências das fêmeas suínas durante a gestação. Portanto, o planejamento nutricional de fêmeas suínas deve levar em consideração os fatores intrínsecos (estádio fisiológico, ordem de parto, genética) e os fatores extrínsecos (condições ambientais, manejo, alimentação, entre outros).

2.4.1 Fases gestacionais

As práticas de alimentação das diferentes fases fisiológicas das fêmeas suínas, embora tenham objetivos específicos, estão inter-relacionadas. O que faz com que o programa nutricional em uma determinada fase, tenha efeitos significativos no desempenho alcançado na fase subsequente. Todas as fases da

gestação são importantes quanto à nutrição, sendo necessário adequar os níveis nutricionais para cada uma delas, pois o alimento é fornecido de forma restrita.

2.4.1.1 Fase inicial da gestação (primeiros 21 dias)

A fase inicial da gestação, período correspondente ao momento após a cobertura até o dia 21 de gestação, caracteriza-se por eventos de estabelecimento da ligação embrio-maternal e formação da placenta e anexos fetais. É considerado um período crítico para a sobrevivência embrionária (JINDAL et al., 1996). Nesta fase, uma alimentação deficiente pode resultar em menor síntese de óxido nítrico e de poliaminas, o que resulta em menor vascularização placentária e transferência de nutrientes da mãe ao feto. Isto leva à subnutrição fetal, comprometendo o crescimento intrauterino (WU et al., 2004).

2.4.1.2 Fase intermediária da gestação (22 a 75 dias)

Esta é a fase da gestação em que há a recuperação das reservas corporais das fêmeas suínas, mobilizadas na lactação anterior. A nutrição após o período crítico inicial da gestação e até o início do terço final da gestação, influencia mais a composição corporal da fêmea do que o peso dos leitões (CLOSE; COLE, 2001). Neste período o crescimento placentário é mais ativo e concomitante com a formação das fibras musculares dos fetos (FOXCROFT; TOWN, 2004; VALLET et al., 2003; WU et al., 2004). O crescimento placentário ocorre entre os 20 e 60 dias de gestação e seu desenvolvimento é máximo aos 70 dias (WU et al., 2005). A miogênese dos fetos pode ser dividida em momentos distintos de formação das fibras primárias (35-55 dias de gestação) e secundárias (55-90 dias de gestação) (FOXCROFT et al., 2006).

Em virtude da hiperplasia das fibras musculares já estar cessada no momento do nascimento, o nível de hipertrofia e a massa corpórea final do suíno ao abate, dependerá do número de fibras musculares formadas durante o desenvolvimento fetal. Acredita-se que a heterogeneidade dentro de uma mesma leitegada esteja relacionada a uma baixa taxa de crescimento das fibras musculares secundárias (DWYER; FLETCHER; STICKLAND, 1993; FOXCROFT et al., 2006). Uma subnutrição uterina durante este período poderia afetar o peso ao nascimento, pela redução do número de fibras musculares secundárias. Embora a nutrição materna no terço final da gestação possa afetar o peso ao nascimento, o número de fibras musculares pode ser alterado por aumento no nível nutricional materno, em fase mais precoce da gestação.

2.4.1.3 Fase final da gestação (76 dias ao parto)

A terceira fase da gestação é caracterizada pelo crescimento mais acentuado dos fetos e maior desenvolvimento do complexo mamário. Nesta fase, a necessidade de ganho proteico e reserva energética torna-se maior quando comparado aos dois períodos anteriores, resultando em aumento das exigências nutricionais da fêmea suína. O aumento do consumo energético e proteico no último terço de gestação pode aumentar o peso ao nascimento dos leitões. Este efeito pode ser de vital importância para as linhagens hiperprolíficas, com tendência a um maior crescimento materno e maior número de leitões de baixo peso ao nascimento. Entretanto, o excesso de energia, entre os 75 e 90 dias de gestação, pode resultar em prejuízo na formação da glândula mamária e, conseqüentemente, menor produção de leite durante a lactação, especialmente em primíparas (HEAD; WILLIAMS, 1991).

O crescimento reduzido dos fetos suínos é exacerbado pela prática dos programas de restrição alimentar no período de gestação, a fim de evitar o ganho

de peso excessivo da fêmea (KIM et al., 2009). Em algumas leitegadas, a maioria dos leitões pode pesar ao nascimento menos de 1,10 kg, particularmente quando parte ou quase todo o período de gestação é submetido ao estresse ambiental (extremos de temperatura e/ou enfermidades).

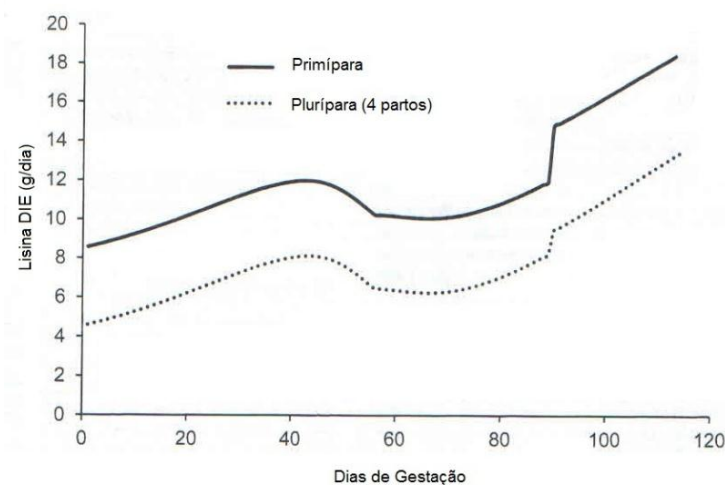
2.4.2 Ordem de parto

No estabelecimento de um programa nutricional para fêmeas suínas gestantes deve-se considerar a ordem de parto dessas fêmeas. O crescimento muscular das fêmeas suínas primíparas continua durante os dois primeiros ciclos reprodutivos. Além disso, as fêmeas suínas primíparas possuem peso absoluto relativamente baixo, em relação à sua produtividade e demanda de nutrientes (WHITTEMORE, 1996), o que causa limitações gastrointestinais mais severas quando comparadas às fêmeas de ordem de parto maior (EISSEN; KANIS; KEMP, 2000). Tem-se que fêmeas suínas mais velhas consomem 18-20% a mais que as primíparas (CLOSE; COLE, 2001). Portanto, o consumo insuficiente de alimento pode afetar mais a capacidade reprodutiva de fêmeas suínas primíparas que de multíparas (WHITTEMORE, 1996).

As fêmeas suínas jovens ainda não estão totalmente desenvolvidas corporalmente e têm, proporcionalmente, maiores necessidades energéticas e proteicas para o crescimento corporal do que as fêmeas adultas (EISSEN; KANIS; KEMP, 2000). Além disso, a associação desses fatores pode aumentar a mobilização das reservas proteicas, o que afeta negativamente a função ovariana e desempenho reprodutivo subsequente (YOUNG et al., 2004). Sendo assim, as fêmeas suínas de primeiro e segundo parto, para atingirem a condição corporal desejada ao parto, devem apresentar maior ganho de peso em relação às fêmeas de três ou mais partos (YOUNG et al., 2005), o que implicaria em exigências nutricionais diferenciadas.

Maiores exigências de lisina em fêmeas suínas primíparas em relação a fêmeas de quarto parto estão previstas no modelo de exigências proposto pelo NRC (2012) (Figura 1), no qual, podem ser consultadas exigências para fêmeas suínas de primeiro, segundo, terceiro e quarto ou mais partos. As Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2011) também preconizam exigências maiores de lisina digestível para fêmeas suínas primíparas quando comparadas às múltíparas, diferenciando apenas duas categorias de fêmeas suínas, segundo a ordem de parto.

Figura 1 Exigência de lisina digestível ileal estandarizada de fêmeas suínas primíparas e múltíparas em função do período da gestação



Fonte: NRC (2012)

2.4.3 Exigências nutricionais

De modo geral, as exigências nutricionais de uma fêmea suína em gestação podem ser divididas nos diferentes componentes de acordo com a sua

necessidade fisiológica: manutenção, crescimento maternal (mais expressivo em primíparas) e reprodução (estruturas relacionadas, como útero, placenta e glândula mamária, e para o crescimento fetal). Com a intensa seleção genética para deposição de massa muscular, tem-se verificado que o metabolismo proteico em fêmeas suínas gestantes e suas exigências de aminoácidos essenciais alteraram. Portanto, o entendimento das quantidades diárias de nutrientes necessários para o máximo desempenho de fêmeas suínas, possibilita uma formulação adequada das rações para garantir o sucesso na produção de suínos.

Os modelos de exigências de fêmeas suínas gestantes utilizam como base o conceito de energia metabolizável (EM), calculada através da soma das exigências de EM de manutenção, das exigências de produção fetal e das reservas corporais (deposição de gordura e músculo). O excedente de nutrientes, acima das exigências de manutenção e de crescimento dos tecidos reprodutivos e do crescimento fetal, é utilizado para o acúmulo de reservas corporais, e particionado em deposição de proteína e lipídios corporais.

O consumo energético de fêmeas suínas em gestação pode afetar diretamente o desempenho lactacional. Superalimentação de energia pode causar obesidade ao parto, o que resulta em redução no consumo voluntário e, por conseguinte, um aumento da perda de peso durante a lactação (SINCLAIR et al., 1998). Já a redução na ingestão de alimentos, é um problema principalmente para fêmeas de primeiro e segundo parto, pois isso pode resultar em fêmeas magras ao parto e causar problemas de diminuição na produção de leite e no peso ao desmame da leitegada (KIM et al., 2009).

A nutrição proteica tem destacada importância no programa alimentar de fêmeas suínas hiperprolíficas. Na gestação, as exigências de proteína e aminoácidos aumentam progressivamente devido à maior retenção de nitrogênio nos fetos e estruturas relacionadas ao desenvolvimento da glândula mamária. Há um aumento de 18,5 vezes na velocidade de ganho de proteína do feto entre o

início e final da gestação (MCPHERSON et al., 2004). E um aumento de 24,4 vezes para a taxa de ganho de tecido parenquimal da glândula mamária entre o início e final da gestação (JI; HURLEY; KIM, 2006). As mudanças na taxa e composição do ganho de tecidos afetam a necessidade de aminoácidos para o crescimento fetal durante a gestação.

O fornecimento de lisina para fêmeas suínas em gestação proporciona leitões 10% mais pesados ao parto (YANG et al., 2009). O mesmo ocorre ao aumentar as exigências de treonina no final da gestação (LEVESQUE et al., 2011). Isto indica a necessidade de fornecimento de uma ração de transição para as fêmeas antes do período lactacional. O aumento do consumo energético e proteico no último terço de gestação é indicado para aumentar o peso dos leitões ao nascimento. Este efeito pode ser de vital importância para as linhagens hiperprolíficas, que têm como característica um maior crescimento maternal e maior número de leitões de baixo peso ao nascimento.

A deficiência de 0,5% de proteína da dieta materna diminui as concentrações de aminoácidos básicos (arginina, lisina e ornitina) e vários aminoácidos neutros (alanina, glutamina, glicina, aminoácidos de cadeia ramificada, prolina, serina, taurina e treonina) na placenta e no endométrio em 16% a 30%, em comparação com as fêmeas que recebem dietas que contêm 13% de PB (WU et al., 1998). A redução de proteína diminuiu a capacidade materna de transferir nutrientes e oxigênio para o feto, resultando em impactos negativos sobre uniformidade de peso ao nascimento dentro da leitegada (REDMER; WALLACE; REYNOLDS, 2004; WU et al., 2006).

Os minerais são exigidos para várias funções, principalmente bioquímicas e metabólicas durante a gestação da porca. O cálcio e fósforo praticamente dobram nas últimas duas semanas de gestação. Assim, compreende-se porque a fêmea suína sofre desmineralização óssea durante este período crítico da gestação, e quais respostas poderiam ser exacerbadas em

fêmeas com grandes leitegadas e maior capacidade de produção de leite (MAHAN, 2006). A maior retenção de minerais no corpo do feto no final da gestação é um indicativo de alta demanda de minerais, sendo assim, ajustes nutricionais são necessários.

2.5 Revisão sistemática e metanálise

Os artigos de revisão são uma das formas de pesquisa que utilizam fontes de informações bibliográficas ou eletrônicas para obtenção de resultados de pesquisas de outros autores, com o objetivo de fundamentar teoricamente um determinado objetivo. Duas categorias de artigos denominados de revisão são encontradas na literatura: as revisões narrativas e as revisões sistemáticas.

Os artigos de revisão narrativa são publicações amplas, apropriadas para descrever e discutir o desenvolvimento de um determinado assunto, sob o ponto de vista teórico e contextual. As revisões narrativas não informam as fontes de informações, a metodologia para busca das referências, nem os critérios utilizados na avaliação e seleção dos trabalhos, provendo o autor de informações sujeitas a viés de seleção.

A revisão sistemática, ao contrário da revisão narrativa, é uma revisão planejada para responder uma pergunta específica e que utiliza métodos explícitos e sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar criticamente os estudos, e para coletar e analisar os dados destes estudos incluídos na revisão. Sendo, a metanálise, uma das técnicas que podem ser utilizadas para analisar e sumarizar os resultados. A metanálise combina resultados de vários estudos para fazer uma síntese reproduzível e quantificável dos dados.

Embora a metanálise tenha iniciado-se nas ciências sociais e de comportamento, a medicina é a área de pesquisa que mais avançou no uso da técnica, provavelmente pelas dificuldades práticas, riscos, custos e implicações

éticas que envolvem os experimentos com seres humanos (LUIZ, 2002). A metanálise ainda não está bem estabelecida na agropecuária, embora em algumas de suas áreas seja comum a análise conjunta de experimentos, como no melhoramento genético.

O principal objetivo da síntese é entender os resultados de um estudo no contexto de todos os outros (BORENSTEIN, 2009). E as principais justificativas para utilizar a técnica são obter novos resultados, síntese de resultados contraditórios, aumento da precisão analítica, melhor representatividade e auxílio para a planificação e geração de hipótese nova (LOVATTO et al., 2007). Sob o ponto de vista prático, uma das principais vantagens da metanálise é otimizar os resultados obtidos em pesquisas anteriores, sem despende de grande volume de recursos financeiros. Além disso, a metanálise pode ser utilizada como recurso para tomada de decisão em diversas áreas do conhecimento, avaliando variáveis moderadas em função das características de delineamento, tratamento ou unidade experimental (LITTELL; CORCORAN; PILLAI, 2008).

Existe uma grande diversidade de estudos envolvendo o efeito do peso ao nascer dos leitões e a nutrição da fêmea suína gestante. Estes estudos, apesar de contemplarem um grande volume de informação, não são conclusivos em diversos aspectos. Os trabalhos apresentam resultados variados e os fatores de variação são pouco explorados para o estudo deste efeito. Além disso, o custo para a realização dos ensaios e as dificuldades (práticas e éticas) de protocolos experimentais impedem a caracterização e a quantificação dos diversos fatores potencialmente moduladores. Assim, a metanálise pode ser adequada para o estudo da relação entre o peso ao nascer dos leitões e as respostas de desempenho e carcaça em suínos, e, também, para a avaliação do consumo de nutrientes durante o período de gestação de fêmeas suínas.

REFERÊNCIAS

AGRINESS. **Melhores da suinocultura**: 2013-2014. Disponível em: <<http://www.melhoresdasuinocultura.com.br/edicoes?edicao=7>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

ALVARENGA, A. L. N. et al. Intra-uterine growth retardation affects birth weight and postnatal development in pigs, impairing muscle accretion, duodenal mucosa morphology and carcass traits. **Reproduction, Fertility and Development**, Melbourne, v. 25, n. 2, p. 387-395, 2013.

ASHWORTH, C. J.; NWAGWU, M. O.; MCARDLE, H. J. Genotype and fetal size affect maternal-fetal amino acid status and fetal endocrinology in Large White x Landrace and Meishan pigs. **Reproduction, Fertility and Development**, Melbourne, v. 25, p. 439-445, 2013.

BARKER, D. J. et al. Fetal and placental size and risk of hypertension in adult life. **British Medical Journal**, London, v. 301, p. 259-262, 1990.

BAUER, R. et al. Body weight distribution and organ size in newborn swine (*sus scrofa domestica*) – a study describing an animal model for asymmetrical intrauterine growth retardation. **Experimental and Toxicologic Pathology**, Jena, v. 50, p. 59-65, 1998.

BAUER, R. et al. Intrauterine growth restriction reduces nephron number and renal excretory function in newborn piglets. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v. 176, p. 83-90, 2002.

BAXTER, E. M. et al. Investigating the behavioural and physiological indicators of neonatal survival in pigs. **Theriogenology**, Stoneham, v. 69, p. 773-783, 2008.

BAZER, F. W. et al. Comparative aspects of implantation. **Reproduction**, Cambridge, v. 138, p. 195-209, 2009.

BEAULIEU, A. D. et al. 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**, Champaign, v. 88, n. 8, p. 2767-2778, Aug. 2010.

BEE, G. Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 826-836, 2004.

BÉRARD, J. et al. Intrauterine crowding decreases average birth weight and affects muscle fiber hyperplasia in piglets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 3242-3250, June 2010.

BÉRARD, J.; KREUZER, M.; BEE, G. Effect of litter size and birth weight on growth, carcass and pork quality, and their relationship to postmortem proteolysis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 2357-2368, 2008.

BIENSEN, N. J.; WILSON, M. E.; FORD, S. P. The impact of either a Meishan or Yorkshire uterus on Meishan or Yorkshire fetal and placental development to days 70, 90 and 110 of gestation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 2169-2176, 1998.

BORENSTEIN, M. **Introduction to meta-analysis**. West Sussex: J. Wiley, 2009. 450 p.

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

DANTZER, V.; WINTHER, H. Histological and immunohistochemical events during placentation in pigs. **Reproduction**, Cambridge, v. 58, p. 209- 222, 2001.

DEVILLERS, N. et al. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. **Animal**, Cambridge, v. 1, p. 1033-1041, 2008.

DHAKAL, S. et al. Uterine spaciousness during embryo and fetal development in multiparous sows improves birth weight and postnatal growth performance. **Livestock Science**, Berlin, v. 153, p. 154-164, 2013.

D'INCA, R. et al. Intrauterine growth restriction delays feeding induced gut adaptation in term newborn pigs. **Neonatology**, Basel, v. 99, n. 3, p. 208-216, Mar. 2011.

DWYER, C. M.; FLETCHER, J. M.; STICKLAND, N. C. Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 3339-3343, 1993.

ECHEVERRI, H. M. **Selection for placental efficiency in swine**. 2004. 106 f. Thesis (PhD) - University of Missouri, Columbia, 2004.

EISSEN, J. J.; KANIS, E.; KEMP, B. Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 64, n. 2/3, p. 147-165, June 2000.

FORD, S. P. Embryonic and fetal development in different genotypes in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 52, p. 165-176, 1997.

FORD, S. P.; VONNAHME, K. A.; WILSON, M. E. Uterine capacity in the pig reflects a combination of uterine environment and conceptus genotype effects. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 1, p. 66-73, Jan. 2002.

FOXCROFT, G. R. et al. Prenatal programming of postnatal growth performance. In: REPRODUCTION WORKSHOP: Achieving and exceeding sow production targets. 2006, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: University of Minnesota, 2006. p. 57-72.

FOXCROFT, G. R.; TOWN, S. Prenatal programming of postnatal performance: the unseen cause of variance. **Advances in Pork Production**, Edmonton, v. 15, p. 269-279, 2004.

GAGNON, R. Placental insufficiency and its consequences. **Reproductive Biology**, Oxford, v. 110, p. 99-107, 2003.

GEISERT, R. D.; YELICH, J. V. Regulation of conceptus development and attachment in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 52, p. 133-149, 1997.

GONDRET, F. et al. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 93, p. 137-146, 2005.

GONDRET, F. et al. Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p. 93-103, Jan. 2006.

HARDING, J. C. et al. Prenatal programming of post-natal health and survival. In: LEMAN REPRODUCTIVE WORKSHOP: Achieving and exceeding sow production targets. 2006, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: College of Veterinary Medicine, University of Minnesota, 2006. p. 73-82.

HEAD, R. H.; WILLIAMS, I. H. Mammogenesis is influenced by pregnancy nutrition. In: BATTERHAM E. S. (Ed.). **III Manipulating pig production**. Qttword: Australasian Pig Science Association, 1991. p. 76.

JI, F.; HURLEY, W. L.; KIM, S. W. Characterization of mammary gland development in pregnant gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 579-587, 2006.

JINDAL, R. et al. Effect of nutrition on embryo mortality in gilts: association with progesterone. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 620-624, Mar. 1996.

KIM, S. W. et al. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 14, p. 123-132, Apr. 2009.

KNOL, E. F.; LEENHOUWERS, J. I.; VAN DER LENDE, T. Genetic aspects of piglet survival. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 78, p. 47-55, 2002.

KUHN, G. et al. Heavy new-born piglets develop a high carcass quality. **Fleischwirtschaft**, Frankfurt, v. 82, p. 128-129, 2002.

LAY, D. C. et al. Prenatal stress effects on pig development and response to weaning. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 1316-1324, 2008.

LAWRIE, R. A. Calidad comestible de la carne. In: LAWRIE, R.A. **Ciencia de la carne**. 3. ed. Zaragoza: Acribia, 1998. Cap. 10, p. 245-292.

LEVESQUE, C. L. et al. The threonine requirement of sows increases in late gestation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 93-102, 2011.

LITTELL, J. H.; CORCORAN, J.; PILLAI, V. K. **Systematic reviews and metaanalysis**. New York: Oxford University, 2008. 202 p.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas: Enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 285-294, 2007.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 407-428, 2002.

MAHAN, D. The changing mineral status of high producing sows: what are their needs and when are the critical periods? In: SWINE NUTRITION CONFERENCE, 1., Indianópolis. **Proceedings...** Indianópolis: [s. n.], 2006. p. 17-27.

MCMILLEN, I. C. et al. Fetal growth restriction: adaptations and consequences. **Reproduction**, Cambridge, v. 122, p. 195-204, 2001.

MCPHERSON, R. L. et al. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 2534-2540, 2004.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 11th ed. Washington: National Academic, 2012. 400 p.

NISSEN, P. M.; JORGENSEN, P. F.; OKSBJERG, N. Within-litter variation in muscle fiber characteristics, pig performance, and meat quality traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 414-421, 2004.

OKSBJERG, N.; SORENSEN, M. T.; VESTERGAARD, M. Compensatory growth and its effect on muscularity and technological meat quality in growing pigs. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v. 52, p. 85-90, 2002.

PANZARDI, A. et al. Fatores que influenciam o peso do leitão ao nascimento. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 37, Supl. 1, p. 49-60, 2009. Supl.

PARDO, C. E. et al. Importance of average litter weight and individual birth weight for early postnatal performance and myofiber characteristics of progeny. **Livestock Science**, Berlin, v. 157, p. 330-338, 2013.

PÈRE, M. C.; ETIENNE, M. Uterine blood flow in sows: effects of pregnancy stage and litter size. **Reproduction Nutrition Development**, Paris, v. 40, p. 369-382, 2000.

POORE, K. R.; FOWDEN, A. L. The effects of birth weight and postnatal growth patterns on fat depth and plasma leptin concentrations in juvenile and adult pigs. **The Journal of Physiology**, Cambridge, v. 558, p. 295-304, 2004.

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

REDMER, D. A.; WALLACE, J. M.; REYNOLDS, L. P. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v. 27, p. 199-207, Oct. 2004.

REHFELDT, C. et al. A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 170-175, 2008.

REHFELDT, C.; KUHN G. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 13, p. 113-123, Apr. 2006.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252 p.

SINCLAIR, A. G. et al. Response to dietary protein during lactation of Meishan synthetic, Large White and Landrace gilts given food to achieve the same target backfat level at farrowing. **Animal Science**, Penikuc, v. 67, p. 349-354, 1998.

STICKLAND, N. C.; GOLDSPINK, G. A note on porcine skeletal muscle parameters and their possible use in early progeny testing. **Animal Production**, Bletchley, v. 21, p. 93-96, 1975.

VALLET, J. L. et al. The effect of breed and intrauterine crowding on foetal erythropoiesis on day 35 of gestation in swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 2352-2356, 2003.

WANG, J. J. et al. Intrauterine growth restriction affects the proteomes of the small intestine, liver and skeletal muscle in newborn pigs. **Journal of Nutrition**, Rockville, v. 138, p. 60-66, 2008.

WANG, T. et al. Effects of intrauterine growth retardation on development of the gastrointestinal tract in neonatal pigs. *Biology of the Neonate*, v. 88, p. 66-72, 2005.

WHITTEMORE, C. T. Nutrition reproduction interactions in primiparous sows. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v. 46, n. 2, p. 65-83, Aug. 1996.

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

WOOTON, R.; MCFADYEN, I. R.; COOPER, J. E. Measurement of placental blood flow in the pig and its relation to placental and fetal weight. *Biology of the Neonate*, Basel, v. 31, p. 333-339, 1977.

WU, G. et al. Impacts of amino acid nutrition on pregnancy outcome in pigs: Mechanisms and implications for swine production. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 88, p. 195-204, 2010.

WU, G. et al. Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 84, n. 9, p. 2316-2337, Dec. 2006.

WU, G. et al. Maternal dietary protein deficiency decreases nitric oxide synthase and ornithine decarboxylase activities in placenta and endometrium of pigs during early gestation. *Journal of Nutrition*, Rockville, v. 128, p. 2395-2402, 1998.

WU, G. et al. Maternal nutrition and fetal development. *Journal of Nutrition*, Rockville, v. 134, p. 2164-2172, 2004.

WU, G. et al. Polyamine synthesis from proline in the developing porcine placenta. *Biology of Reproduction*, Champaign, v.72, p. 842-850, 2005.

WU, G. et al. Proline metabolism in the conceptus: Implications for fetal growth and development. **Amino Acids**, Wien, v. 35, p. 691-702, 2008.

XU, R. J. et al. Impact of intrauterine growth retardation on the gastrointestinal tract and the pancreas in newborn pigs. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, New York, v. 18, p. 231-240, 1994.

YANG, Y. X. et al. Effects of lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous and multiparous sows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 112, p. 199-214, 2009.

YOUNG, M. G. et al. Comparison of three methods of feeding sows in gestation and the subsequent effects on lactation performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 10, p. 3058-3070, Oct. 2004.

YOUNG, M. G. et al. Effect of sow parity and weight at service on target maternal weight and energy for gain in gestation. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 1, p. 255-261, Jan. 2005.

SEGUNDA PARTE

**ARTIGO 1 - Peso ao nascer dos leitões, desempenho, características de
carcaça e qualidade de carne: um estudo metanalítico**

ELOIZA LANFERDINI

**ARTIGO FORMATADO DE ACORDO COM AS NORMAS DA
ANIMAL**

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito do peso ao nascer dos leitões sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne, através de uma metanálise. A base de dados totalizou 3.294 leitões (28 artigos publicados de 2000 a 2014). O peso médio ao nascimento dos leitões foi de 1,45 kg, classificados em pesados (peso médio de 1,80 kg), médios (1,48 kg) e leves (1,09 kg). As publicações selecionadas para a base de dados apresentavam resultados de experimentos com, pelo menos, duas faixas de peso de leitões ao nascimento e resultados de peso dos órgãos e/ou desempenho e/ou de carcaça. O peso corporal e de órgãos dos leitões ao nascimento apresentaram correlações positivas, sendo que os leitões nascidos leves apresentaram órgãos também leves. O peso ao nascimento dos leitões apresentou correlação positiva com o peso nas fases subsequentes e com o ganho de peso durante o período de lactação. O peso ao nascimento dos leitões influenciou o peso e o ganho de peso em todas as fases de criação subsequentes. Leitões pesados ao nascimento apresentaram aumento de 6,60 kg no peso de abate, aos 150 dias de idade, em relação aos leitões que nasceram leves. A idade para atingir 110 kg diminuiu em 9,5 e 12,1 dias em leitões que nasceram com peso médio e alto, respectivamente, em comparação com leitões nascidos com peso leve. Segundo as equações obtidas por análise de covariância contínua, para cada aumento de 100 g de peso ao nascimento, pode ser esperado incremento de 226 g no peso do leitão ao desmame, 703 g no peso de saída da creche, 1,99 kg no peso ao início da fase de terminação e de 1,04 kg no peso ao abate dos suínos, aos 150 dias de idade. Leitões nascidos leves apresentaram peso relativo de barriga ao abate superior aos leitões com alto peso ao nascimento. Ao abate, o peso do pernil de leitões nascidos pesados foi 4,40% superior e o peso do coração e fígado 6,80% superior aos leitões com baixo peso ao nascimento, porém as demais características de carcaça e de qualidade de carne não foram influenciadas pelo peso ao nascimento. O peso ao nascimento dos leitões influencia o desempenho e não altera as características de carcaça e de qualidade de carne. Porém, quando o peso dos leitões ao nascimento é superior a 1,50 quilogramas o desempenho não é influenciado.

Palavras-chave: crescimento animal, revisão sistemática, suinocultura.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o melhoramento genético tem direcionado grande parte do seu foco para a seleção de fêmeas suínas hiperprolíficas, visando o aumento no número de leitões nascidos por fêmea e a eficiência reprodutiva na produção de suínos. A seleção para prolificidade pode ter aumentado a diferença entre a taxa de ovulação, número de conceptos sobreviventes após o período pós-implantação e a capacidade uterina (Foxcroft *et al.*, 2007). Uma taxa de ovulação maior do que o número de leitões que a matriz suína é capaz de manter vivos durante a gestação, aumenta a competição entre os fetos por nutrientes e oxigênio e acarreta a diminuição do peso ao nascer dos leitões e uma grande variabilidade no tamanho da leitegada ao parto (Beaulieu *et al.*, 2010). Portanto, o uso de matrizes suínas hiperprolíficas tem efeito direto sobre a qualidade dos leitões, penalizando o peso ao nascimento e a uniformidade das leitegadas.

Leitões com baixo peso ao nascimento têm desenvolvimento de seus órgãos afetados, ocorrendo uma redistribuição do fluxo sanguíneo de forma a proteger o cérebro (Harding *et al.*, 2006; Foxcroft *et al.*, 2009). Além disso, os leitões nascidos leves apresentam alterações do trato digestivo, relacionadas à secreção de enzimas, capacidade de absorção e peso dos órgãos (Xu *et al.*, 1994). As alterações continuam sendo observadas ao longo da vida do animal e resultam do fenômeno definido como programação fetal (Foxcroft *et al.*, 2006). Sendo assim, o baixo peso ao nascer do leitão pode estar relacionado ao potencial de crescimento, às características de carcaça e à qualidade de carne dos suínos.

A metanálise é uma técnica desenvolvida para integrar os resultados de diversos estudos em um mesmo tema de pesquisa e estabelecer respostas ajustadas à diversidade experimental (Sauvant *et al.*, 2008). Sendo assim, a

aplicação da técnica de meta-análise pode auxiliar na determinação de novas respostas a partir do que já foi estudado. Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito do peso ao nascer dos leitões sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne dos suínos, através de uma meta-análise.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo metanalítico foi realizado a partir de uma base de dados composta por 28 artigos. As publicações foram selecionadas para a base de dados após busca em bases de dados *online*. Os artigos selecionados deveriam apresentar resultados de experimentos com, pelo menos, duas faixas de peso de leitões ao nascimento. Outro critério utilizado para a seleção de artigos foi apresentar resultados de peso dos órgãos ao nascimento, e/ou de desempenho, e/ou de características de carcaça e de qualidade de carne. O peso dos órgãos ao nascimento foi avaliado em 13 artigos, o desempenho nas fases subsequentes em 15 artigos, características de carcaça em 13 artigos e qualidade de carne em 10 artigos, incluídos na base de dados.

Os trabalhos incluídos na base de dados foram publicados em periódicos indexados, sendo que o *Journal of Animal Science* foi o periódico mais utilizado (29% dos trabalhos da base). A Suíça e a França foram os países onde foi realizada a maioria dos experimentos, os dois países juntos, representam 39% dos artigos. O espaço temporal compreendeu um período de 14 anos (2000 a 2014, moda: 2010). A base de dados totalizou 3.294 animais com média de 118 leitões por artigo e 48 animais por tratamento. O peso médio dos leitões ao nascimento foi de 1,45 kg (0,88 a 2,10 kg).

A metodologia para a definição das variáveis dependentes e independentes e para a codificação dos dados seguiu as proposições descritas na literatura (Lovatto *et al.*, 2007; Sauvant *et al.*, 2008). Algumas codificações foram utilizadas como critérios qualitativos de agrupamento, como recurso para associar grupos homogêneos em determinadas características e incluí-los nos modelos analíticos como fonte de variação. Neste, em particular, a principal codificação utilizada foi a faixa de peso dos leitões ao nascimento, classificados em leves, médios ou pesados, segundo definição dos artigos de origem (Figura 1). Para as

características intestinais ao nascimento, foram incluídos apenas dados de duas categorias de peso ao nascimento de leitões (leves e médios). Isso ocorreu devido ao baixo número de trabalhos publicados com leitões nascidos pesados que avaliem essas variáveis.

Outras codificações foram utilizadas como variáveis de ajuste nas análises, com o objetivo de considerar a variabilidade dos estudos compilados (efeito do artigo e efeito *inter*). Para a codificação do efeito de artigo (geral), foi atribuído um número sequencial específico para cada trabalho inserido na base. A codificação *inter* foi formada pela união da codificação geral e de números sequenciais, de maneira a atribuir um código específico para cada tratamento da base.

A metanálise seguiu três análises sequenciais: gráfica (para controlar a qualidade da base e observar a coerência biológica dos dados), de correlação (entre as diversas variáveis, para identificar os fatores relacionados na base) e de variância-covariância (para a comparação das médias das diferentes categorias de peso e para a definição das diversas equações). As codificações para os efeitos geral ou *inter*, foram utilizadas nos modelos para as análises de variância-covariância (Lovatto *et al.*, 2007). Todas as análises foram realizadas através do programa Minitab 17 (Minitab Inc., State College, USA).

3 RESULTADOS

O peso ao nascimento dos leitões apresentou correlações altas ($P < 0,05$) e positivas com o peso absoluto dos órgãos, com exceção do cérebro (Tabela 1). Entretanto, a correlação entre peso ao nascimento dos leitões e a relação peso de cérebro / fígado foi alta e negativa ($P < 0,05$). Os pesos relativos do coração e do cérebro apresentaram correlações negativas ($P < 0,05$) com o peso ao nascer dos leitões e o peso relativo do intestino delgado apresentou correlação positiva ($P < 0,05$). Quando expressos, em porcentagem de peso corporal, o cérebro foi o único órgão a diferir ($P < 0,05$) entre as categorias de pesos. O peso relativo do cérebro aumentou ($P < 0,05$) em 0,92 e 0,86% em leitões com baixo peso ao nascer em relação aos leitões com peso médio e alto ao nascimento, respectivamente. As características intestinais ao nascimento não apresentaram correlação ($P > 0,05$) com o peso ao nascer dos leitões. Porém, na análise de variância, leitões com peso médio ao nascimento apresentaram peso de cólon 46% superior ($P < 0,05$) aos leitões leves ao nascimento.

Segundo as equações obtidas por análise de covariância contínua (Tabela 2), para cada aumento de 100 g de peso ao nascimento dos leitões, pode ser esperado incremento de 0,20 g no peso do músculo *semitendinosus*, 0,10 g no peso do baço, 2,92 g no peso do fígado, 0,88 g no peso do coração, 0,11 g no peso dos rins, 0,38 g no peso do cérebro, 0,34 g no peso do pulmão e 3,29 g no peso do intestino delgado ao nascimento. Porém, pode-se esperar uma diminuição de 0,12g na relação cérebro / fígado com o aumento de 100 g no peso dos leitões ao nascimento. O efeito quadrático foi testado, porém não apresentou significância ($P > 0,05$).

O peso ao nascimento dos leitões apresentou correlação positiva ($P < 0,05$) com o peso nas fases subsequentes e com o ganho de peso durante o período pré-desmame (Tabela 3). O peso ao nascimento dos leitões influenciou

($P < 0,05$) o peso e o ganho de peso nas fases subsequentes. Leitões pesados ao nascimento foram 6,61 kg mais pesados ($P < 0,05$) ao abate (aos 150 dias de idade) em relação aos leitões que nasceram leves. Leitões com peso médio ao nascimento atingiram ao abate peso semelhante ($P < 0,05$) aos leitões nascidos pesados e foram 5,20 kg mais pesados ($P < 0,05$) em comparação com os leitões nascidos leves.

O peso ao nascimento dos leitões não influenciou ($P > 0,05$) o consumo de ração nas diferentes fases de criação. A eficiência alimentar na fase de crescimento-terminação foi melhor ($P < 0,05$) em leitões médios e pesados ao nascimento. A idade para atingir 110 kg diminuiu ($P < 0,05$) em 9,5 e 12,1 dias em leitões que nasceram com peso médio e pesado, respectivamente, comparado aos leitões leves ao nascimento.

Segundo as equações obtidas por análise de covariância contínua (Tabela 4), para cada aumento de 100 g de peso ao nascimento, pode ser esperado incremento de 226 g no peso do leitão ao desmame (21 dias de idade), 703 g de peso na saída da creche (70 dias de idade), 1,99 kg no peso ao início da fase de terminação (100 dias de idade) e de 1,04 kg no peso ao abate dos suínos (150 dias de idade). Pode ser esperado também um aumento de 63 g/dia no ganho de peso do nascimento ao abate quando há um aumento de 100 g no peso ao nascimento dos leitões. O efeito quadrático foi testado, porém não apresentou significância.

O peso ao nascimento dos leitões não apresentou correlação ($P > 0,05$) e não alterou ($P > 0,05$) as características de carcaça de suínos ao abate (Tabela 5). Porém, leitões nascidos leves, apresentaram peso do pernil ao abate e peso relativo de barriga, 4,20% e 0,50%, respectivamente, inferiores ($P < 0,05$) aos leitões com alto peso ao nascimento.

Os pesos absoluto e relativo do coração ao abate apresentaram correlações positivas ($P < 0,05$) com o peso ao nascimento dos leitões (Tabela 6).

Leitões pesados ao nascimento apresentaram peso absoluto do coração e fígado ao abate 6,80% superior ($P < 0,05$) aos leitões nascidos leves, porém não diferiram ($P > 0,05$) no peso relativo desses órgãos. Com exceção da cor b (amarelo-azul) no músculo *semitendinosus* que correlacionou-se positivamente com o peso ao nascimento, as demais variáveis de qualidade de carne nos músculos *semitendinosus* e *longíssimus* não foram influenciadas pelo peso dos suínos ao nascimento.

4 DISCUSSÃO

A superlotação intrauterina, juntamente com os fatores genéticos e ambientais, influenciam o crescimento e vascularização da placenta. Por conseguinte, o fornecimento de oxigênio e nutrientes aos fetos e o seu crescimento e desenvolvimento são afetados por esses fatores (Town *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2004, 2006). Quando aumenta o tamanho da leitegada, há um aumento no fluxo de sangue uterino, mas numa proporção menor do que o número de fetos (Père e Etienne, 2000). Isso resulta em uma redução do fluxo sanguíneo uterino, que pode afetar o fornecimento de nutrientes para alguns fetos. Consequentemente, a média de peso ao nascer dos leitões pode diminuir e a porcentagem de suínos de baixa viabilidade aumentar com o aumento do tamanho da leitegada (Quiniou *et al.*, 2002). Esses fatores estão relacionados com a variação de peso ao nascer dos leitões oriundos de fêmeas suínas hiperprolíficas. Evidentemente, o tamanho de leitegada está relacionado com o peso ao nascimento dos leitões (Bérard *et al.*, 2008), porém os trabalhos inseridos nessa metanálise não avaliaram essa variável ou consideraram um grande intervalo no tamanho de leitegada para a seleção de leitões leves, médios e pesados ao nascimento.

Em muitos artigos (Pardo *et al.*, 2013a,b; Bérard *et al.*, 2010a,b; Rehfeldt *et al.*, 2008), leitões com peso inferior a 800 g foram classificados como inviáveis e, por esse motivo foram excluídos dos estudos. Dos 28 artigos da base de dados, apenas dois trabalhos avaliaram leitões com peso ao nascimento menor de 0,80 kg, porém, essa avaliação foi apenas dos órgãos ao nascimento (Wang *et al.*, 2005; Bauer *et al.*, 2000). Leitões com peso ao nascer menor de 1,00 kg foram utilizados em apenas 12 artigos, sendo que, em apenas dois trabalhos esses leitões foram acompanhados até o abate (Laws *et al.*, 2009; Gondret *et al.*, 2005). Nos artigos inseridos na base de dados, o peso médio dos

leitões classificados como leves ao nascimento foi de 1,09 quilogramas. Portanto, há uma carência de informações sobre leitões leves.

Na literatura, encontramos algumas definições de leitão com baixa viabilidade, sendo que cada método considera um cálculo para determinar o peso mínimo para que os leitões se enquadrem nesta categoria. Os principais métodos são: leitões com peso inferior a 800 g (Bérard *et al.*, 2010a); peso dos leitões menor de 1,5 o desvio padrão (D’Inca *et al.*, 2011); ou peso dos leitões menor de 2 vezes o desvio padrão do peso ao nascimento (D’Inca *et al.*, 2010). Considerando os dados dessa base de dados, em que os leitões apresentaram peso médio de 1,45 kg e as metodologias descritas acima, a classificação de leitões de baixa viabilidade seriam leitões com peso menor de 800 g (Bérard *et al.*, 2010a), menor de 957 g (D’Inca *et al.*, 2011) e menor de 792 g de peso ao nascimento (D’Inca *et al.*, 2010). Portanto, para a adequada caracterização do crescimento intrauterino retardado são necessários mais estudos que avaliem leitões com peso inferior a um quilograma.

Uma das características do baixo peso ao nascer dos leitões é seu efeito prejudicial sobre os órgãos (Pardo *et al.*, 2013b; Alvarenga *et al.*, 2013; Bérard *et al.*, 2010b), resultados consistentes com os observados nesta metanálise. A manutenção do peso do cérebro parece ser de importância fundamental para todos os fetos, quer sejam de peso normal ou com restrição de crescimento (McMillen *et al.*, 2001). Portanto, o estudo do peso relativo dos órgãos (relação peso do órgão / peso corporal) é uma forma de avaliar o padrão de desenvolvimento e um método particularmente útil para ilustrar o conceito de "brain sparing" (efeito de poupar o cérebro). Isso, devido principalmente à elevada amplitude dos valores de pesos ao nascimento dos leitões (0,88 a 2,10 kg) nos diferentes experimentos que compõem esta metanálise.

No presente estudo, o órgão que apresentou a correlação mais alta ($r = -0,953$; $P < 0,001$) do seu peso relativo com o peso ao nascimento foi o

cérebro. Esta correlação foi negativa, indicando que os leitões de alto peso ao nascimento apresentaram os menores pesos relativos do cérebro. Por outro lado, os maiores valores do peso relativo do cérebro nos leitões de baixo peso ao nascimento indicam, que o crescimento do cérebro ocorreu de maneira desproporcional nestes leitões menores, resultados consistentes com o efeito “*brain sparing*”.

A relação peso do cérebro / fígado tem sido a medida mais utilizada para avaliar o menor crescimento fetal durante a fase intrauterina (Bauer *et al.*, 1998), sendo que, uma relação menor que um, caracteriza animais normais. Neste estudo, a correlação entre a relação peso do cérebro / fígado e o peso ao nascer dos leitões foi negativa ($r = - 0,742$; $P < 0,05$). Assim, os leitões com baixo peso ao nascer apresentaram maiores valores da relação peso do cérebro / fígado. Ou seja, o crescimento e desenvolvimento do cérebro foram beneficiados em detrimento ao crescimento dos demais órgãos, como por exemplo, o fígado, demonstrando claramente os efeitos do baixo peso ao nascer sobre o desenvolvimento neonatal dos leitões.

Trabalhos que avaliem o trato gastrointestinal de leitões com diferentes pesos ao nascimento também são limitados. Além disso, através desta revisão sistemática, observou-se a falta de trabalhos publicados que avaliem as características intestinais de leitões com alto peso ao nascimento. Com isso, verificamos que mais pesquisas precisam ser realizadas a fim de avaliar os efeitos do peso ao nascer sobre as características intestinais dos leitões. Afinal, o intestino delgado é o principal órgão para a digestão terminal e absorção de nutrientes e as suas características tem importância fundamental para o desenvolvimento dos leitões.

No presente estudo não foi verificado efeito do peso ao nascer na altura de vilosidade e comprimento do intestino delgado. Porém, especula-se que os prejuízos no desenvolvimento gastrointestinal são as maiores causas pelas quais

os animais leves ao nascimento crescem mais lentamente em relação àqueles com crescimento intrauterino normal (Wang *et al.*, 2010). Em suínos, o nascimento de leitões com baixo peso é um dos principais fatores contribuintes para a alta mortalidade neonatal, principalmente devido às anomalias no desenvolvimento do intestino delgado (Wang *et al.*, 2008; Jiang *et al.*, 2009). Além disso, através dos resultados deste trabalho, podemos observar que a relação peso do cérebro / peso do intestino delgado também pode ser utilizada como uma medida efetiva para avaliação do crescimento intrauterino em suínos.

Os efeitos do baixo peso ao nascimento dos leitões também são observados na mucosa duodenal. Leitões recém-nascidos com baixo peso e aos 150 dias de idade apresentam redução na altura da mucosa (Alvarenga *et al.*, 2013). O peso leve ao nascimento afeta o desenvolvimento intestinal, atrasando a adaptação intestinal induzida pela alimentação (D'Inca *et al.*, 2011). A imaturidade fisiológica do intestino delgado pode aumentar os riscos de desenvolvimento de doenças intestinais e reduzir a capacidade digestiva (Morise *et al.*, 2008). O que pode estar associado com alterações na expressão de proteínas relacionadas com o crescimento e desenvolvimento do trato gastrointestinal (Wang *et al.*, 2005; 2010).

Leitões com baixo peso ao nascimento têm menor crescimento ao longo das fases de produção, o que está em concordância com alguns estudos anteriores (Gondret *et al.*, 2006; Bérard *et al.*, 2008; Beaulieu *et al.*, 2010; Alvarenga *et al.*, 2013). O maior ganho de peso dos leitões nascidos pesados durante a fase de lactação, pode ser explicado pela maior capacidade em estimular e drenar os melhores tetos da fêmea suína, induzindo assim um fluxo de leite maior e permitindo-lhes ingerir mais nutrientes (Quiniou *et al.*, 2002; Bérard *et al.*, 2010a).

Neste trabalho foi observado que leitões nascidos com peso médio e alto não diferiram no peso dos órgãos ao nascimento, portanto animais com peso

superior a 1,50 kg apresentam o mesmo potencial de crescimento. Essa semelhança é demonstrada, principalmente, após o desmame (Bérard *et al.*, 2010a). Isto sugere que os leitões nascidos com peso médio, recuperam as diferenças de peso quando reduzem a competição por alimento com seus irmãos mais pesados. Essa capacidade de recuperação no desenvolvimento dos leitões nascidos com peso médio persiste até a fase de crescimento e terminação, resultando em peso ao abate semelhante com os leitões de alto peso ao nascimento.

O potencial de crescimento pós-natal pode ser restringido pelo baixo número de fibras musculares durante o desenvolvimento pré-natal dos leitões leves ao nascimento (Gondret *et al.*, 2006; Rehfeldt e Kuhn, 2006). Não só o número, mas também o diâmetro e a porcentagem de fibras musculares são menores nos leitões recém-nascidos com baixo peso (Alvarenga *et al.*, 2013). O crescimento muscular pós-natal do suíno é conseguido somente por hipertrofia das fibras musculares existentes no nascimento (Larzul *et al.*, 1997). Portanto, esta é outra explicação do crescimento reduzido em todas as fases de criação de leitões com baixo peso ao nascer.

Os leitões leves ao nascimento necessitam de 10 a 12 dias a mais que leitões nascidos pesados para atingirem o mesmo peso de abate (Gondret *et al.*, 2005; Beaulieu *et al.*, 2010; Smit *et al.*, 2013). Nesta metanálise a diferença encontrada na idade de abate de leitões nascidos leves e pesados foi de 12 dias.

Ao contrário do desempenho, os resultados de como o baixo peso ao nascer afeta a composição da carcaça suína são menos claros. Vários estudos concluíram que o peso ao nascer leve, está associado com carcaças mais gordas (Bee, 2004; Gondret *et al.*, 2006; Rehfeldt *et al.*, 2008; Bérard *et al.*, 2010a). Em outros trabalhos são observadas diferenças no rendimento de carcaça (Bérard *et al.*, 2008; Sundrum *et al.*, 2011), na porcentagem de carne magra (Gondret *et al.*, 2006), no peso de barriga, lombo, pernil e paleta (Alvarenga *et al.*, 2013;

Gondret *et al.*, 2006), e dos órgãos fígado, rim e coração (Bérard *et al.*, 2008; Nissen e Oksbjerg, 2011). Contrariamente, em outros estudos foi verificado não haver influência do peso ao nascer dos leitões sob as características de carcaça (Beaulieu *et al.*, 2010; Pardo *et al.*, 2013a).

Neste estudo metanalítico, não foram observados efeitos nas características de carcaça, com exceção do peso de barriga e do pernil. No abate, também foi observado uma diferença no peso de coração e do fígado, indicando que o efeito do peso ao nascer dos leitões no peso dos órgãos pode perdurar por toda a vida produtiva do animal, mas sem alterar as demais características da carcaça. Além disso, os resultados deste estudo metanalítico não mostram qualquer disparidade de qualidade de carne atribuível ao peso de nascimento dos leitões.

Concluindo, leitões nascidos leves (0,935 kg) apresentam órgãos também mais leves, sendo o fígado e o intestino delgado os órgãos mais afetados pelo baixo peso ao nascimento. Leitões pesados ao nascimento (1,785 kg) apresentam melhor desempenho, através do aumento no ganho de peso, e conseqüentemente, peso final superior (mais 6,60 kg) e menos dias (12,1 dias) para atingir o peso de abate em relação aos leitões nascidos leves (1,129 kg). Acima de 1,50 kg, o desempenho de suínos até o abate não é influenciado pelo peso ao nascer. A qualidade de carne e as características de carcaça não são influenciadas pelo peso dos leitões, com exceção do peso de barriga e pernil, quando estes nascem com peso superior a um quilograma. Para a melhor compreensão dos efeitos do peso baixo ao nascimento, são necessários mais estudos que avaliem leitões com peso inferior a um quilograma ao nascimento.

REFERÊNCIAS

Alvarenga ALN, Chiarini-Garcia H, Cardeal PC, Moreira LP, Foxcroft GR, Fontes DO and Almeida FRCL 2013. Intra-uterine growth retardation affects birthweight and postnatal development in pigs, impairing muscle accretion, duodenal mucosa morphology and carcass traits. *Reproduction, Fertility and Development* 25(2), 387-395.

Bauer R, Walter B, Hoppe A, Gaser E, Lampe V, Kauf E and Zwiener U 1998. Body weight distribution and organ size in newborn swine (*sus scrofa domestica*) – A study describing an animal model for asymmetrical intrauterine growth retardation. *Experimental and Toxicologic Pathology* 50, 59-65.

Bauer R, Walter B and Zwiener U 2000. Comparison between inulin clearance and endogenous creatinine clearance in newborn normal weight and growth restricted newborn piglets. *Experimental and Toxicologic Pathology* 52, 367-372.

Beaulieu AD, Aalhus JL, Williams NH and Patience JF 2010. 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* 88, 2767-2778.

Bee G 2004. Effect of early gestation feeding, birth weight and gender of progeny on muscle-fibre characteristics of pigs at slaughter. *Journal of Animal Science* 82, 826-836.

Bérard J, Kreuzer M and Bee G 2010a. In large litters birth weight and gender is decisive for growth performance but less for carcass and pork quality traits. *Meat Science* 86, 845-851.

Bérard J, Pardo CE, Béthaz S, Kreuzer M and Bee G 2010b. Intrauterine crowding decreases average birth weight and affects muscle fiber hyperplasia in piglets. *Journal of Animal Science* 88, 3242-3250.

Bérard J, Kreuzer M and Bee G 2008. Effect of litter size and birth weight on growth, carcass and pork quality, and their relationship to postmortem proteolysis. *Journal of Animal Science* 86, 2357-2368.

D'Inca R, Gras-LeGuen C, Che L, Sangild PT and Le Huerou-Luron I 2011. Intrauterine growth restriction delays feeding-induced gut adaptation in term newborn pigs. *Neonatology* 99, 208-216.

D'Inca R, Kloareg M, Gras-LeGuen C and Le Huerou-Luron I 2010 Intrauterine growth restriction modifies the developmental pattern of intestinal structure, transcriptomic profile, and bacterial colonization in neonatal pigs. *Journal of Nutrition* 140 (5), 925-931.

Foxcroft GR, Dixon WT, Novak S, Putman CT, Town SC and Vinsky MDA 2006. Prenatal programming of postnatal growth performance. In: *University of Minnesota Reproduction Workshop: Achieving and Exceeding Sow Production Targets* (Alberta, Canada). p.57-72.

Foxcroft GR, Bee G, Dixon WT, Hahn MM, Harding JCS, Patterson J, Putman CT, Sarmiento S, Smit M, Tse WY and Town SC 2007. Consequences of selection for litter size on piglet development. In 'Paradigms of Pig Science'. (Eds J. Wiseman, M. A. Varley, S. McOrist and B. Kemp.) pp. 207–229. (Nottingham University Press: Thrumpton, Nottingham, UK.)
Foxcroft GR, Dixon WT, Dyck MK, Novak S, Harding J. CS and Almeida

FCRL 2009. Prenatal programming of postnatal development in the pig. In: *Control of Reproduction VIII: Proceedings of the Eighth International Conference on Pig Reproduction*, 66, 213-231.

Gondret F, Lefaucheur L, Juin H, Louveau I and Lebret B 2006. Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs. *Journal of Animal Science* 84, 93-103.

Gondret F, Lefaucheur L, Louveau I, Le Bret B, Pichodo X and Le Cozler Y 2005. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight. *Livestock Production Science* 93, 137-146.

Harding JC, Auckland C, Patterson J and Foxcroft G.R 2006. Prenatal programming of post-natal health and survival. *Proceedings of Leman Reproductive Workshop: Achieving and exceeding sow production targets*. College of Veterinary Medicine, University of Minnesota, pp 73-82, St. Paul, Minnesota, USA, 23-26p.

Jiang P, Sangild PT, Sit WH, Ngai HH, Xu R, Siggers JL and Wan JM 2009. Temporal proteomic analysis of intestine developing necrotizing enterocolitis following enteral formula feeding to preterm pigs. *Journal of Proteome Research* 8(1), 72-81.

Larzul C, Lefaucheur L, Ecolan P, Gogue J, Talmant A, Sellier P, Le Roy P and Monin G 1997. Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fibre characteristics in relation to growth, carcass and meat quality in large white pigs. *Journal of Animal Science* 75, 3126-3137.

Lovatto PA, Lehnen CR, Andretta I, Hauschild L and Carvalho AD 2007. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 285-294.

Laws J, Litten JC, Laws A, Lean IJ, Dodds PF and Clarke L 2009. Effect of type and timing of oil supplements to sows during pregnancy on the growth performance and endocrine profile of low and normal birth weight offspring. *British Journal of Nutrition* 101 (2), 240-249.

McMillen IC, Adams MB, Ross JT, Coulter CL, Simonetta G, Wens JA, Robinson JS and Edwards LJ 2001. Fetal growth restriction: adaptations and consequences. *Reproduction* 122, 195-204.

Morise A, Louveau I and Le Huerou-Luron I 2008. Growth and development of adipose tissue and gut and related endocrine status during early growth in the pig: impact of low birth weight. *Animal* 2, 73–83.

Nissen PM and Oksbjerg N 2011. Birth weight and postnatal dietary protein level affect performance, muscle metabolism and meat quality in pigs. *Animal* 5(9), 1382-1389.

Pardo CE, Kreuzer M and Bee G 2013a. Effect of average litter weight in pigs on growth performance, carcass characteristics and meat quality of the offspring as depending on birth weight. *Animal* 7(11), 1884-1892.

Pardo CE, Müller S, Bérard J, Kreuzer M and Bee G 2013b. Importance of average litter weight and individual birth weight for early postnatal performance and myofiber characteristics of progeny. *Livestock Science* 157, 330-338.

Père MC and Etienne M 2000. Uterine blood flow in sows: Effects of pregnancy stage and litter size. *Reproduction Nutrition Development* 40, 369-382.

Quiniou N, Dagorn J and Gaudré D 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science* 78, 63-70.

Rehfeldt C, Tuchscherer A, Hartung M and Kuhn G 2008. A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. *Meat Science* 78, 170-175.

Rehfeldt C and Kuhn G 2006. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. *Journal of Animal Science* 84, E113-E123.

Sauvant D, Schmidely P, Daudin JJ and St-Pierre NR 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal* 2, 1203-1214.

Smit MN, Spencer JD, Almeida FRCL, Patterson JL, Chiarini-Garcia H, Dyck MK and Foxcroft GR 2013. Consequences of a low litter birth weight phenotype for postnatal lean growth performance and neonatal testicular morphology in the pig. *Animal* 7(10), 1681-1689.

Sundrum A, Aragon A, Schulze-Langenhorst C, Bütfering L, Henning M and Stalljohann G 2011. Effects of feeding strategies, genotypes, sex, and birth weight on carcass and meat quality traits under organic pig production conditions. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 58, 163-172.

Town SC, Putman CT, Turchinsky NJ, Dixon WT and Foxcroft GR 2004. Number of conceptuses in utero affects porcine fetal muscle development. *Reproduction* 128(4), 443-454.

Wang X, Wu W, Lin G, Li D, Wu G and Wang J 2010. Temporal proteomic analysis reveals continuous impairment of intestinal development in neonatal piglets with intrauterine growth restriction. *Journal of Proteome Research* 9, 924-935.

Wang J, Chen L, Li D, Yin Y, Wang X, Li P, Dangott LJ, Hu W and Wu G 2008. Intrauterine growth restriction affects the proteomes of the small intestine, liver and skeletal muscle in newborn pigs. *Journal of Nutrition* 138, 60-66.

Wang T, Huo YJ, Shi F, Xu RJ and Hutz RJ 2005. Effects of intrauterine growth retardation on development of the gastrointestinal tract in neonatal pigs. *Biology of the Neonate* 88, 66-72.

Wu G, Bazer FW, Wallace JM and Spencer TE 2006. Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science* 84, 2316-2337.

Wu GY, Bazer FW, Cudd TA, Meininger CJ and Spencer TE 2004. Maternal nutrition and fetal development. *Journal of Nutrition* 134, 2169-2172.

Xu RJ, Mellor DJ, Birtles MJ, Reynolds GW and Simpson HV 1994. Impact of intrauterine growth retardation on the gastrointestinal tract and the pancreas in newborn pigs. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 18, 231-240.

Figura 1 Peso médio e amplitude do peso ao nascimento dos leitões segundo a classificação em alto, normal e baixo peso ao nascer.

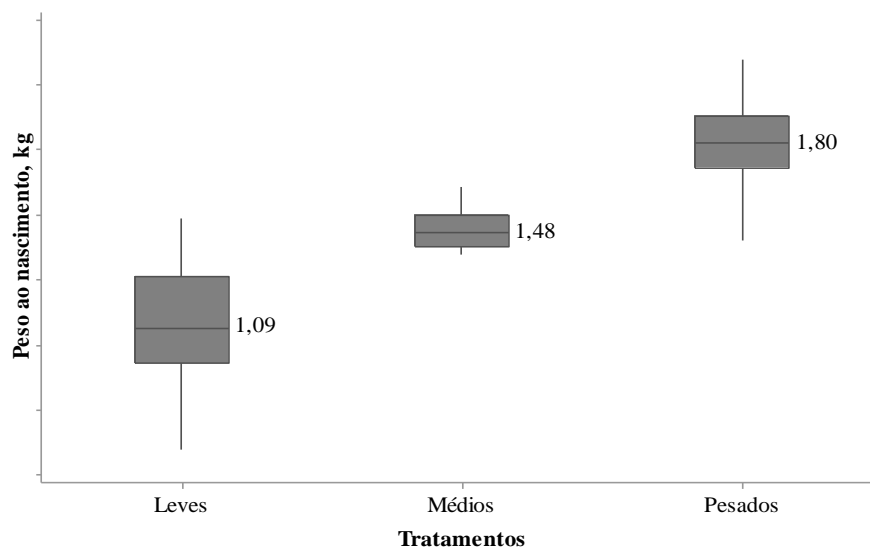


Tabela 1 Correlação e médias de peso e porcentagem dos órgãos de leitões com diferentes pesos ao nascimento

	Correlação ¹	Faixas de peso			epr ²	P
		Leves	Médios	Pesados		
Peso ao nascimento, kg		0,935 ^c	1,384 ^b	1,815 ^a	0,093	<0,001
Órgãos, g						
Músc. Semitendíneo	0,938***	2,236 ^b	3,037 ^{ab}	3,643 ^a	0,449	0,017
Baço	0,873***	0,995 ^b	1,263 ^{ab}	1,694 ^a	0,216	0,012
Fígado	0,926***	26,640 ^b	37,840 ^a	49,160 ^a	4,300	<0,001
Coração	0,986***	7,829 ^b	8,360 ^{ab}	11,938 ^a	1,140	0,020
Rins	0,661**	6,980 ^b	8,440 ^{ab}	12,520 ^a	1,407	0,007
Cérebro	0,461 ^{ns}	30,724 ^b	31,781 ^{ab}	32,980 ^a	0,880	0,006
Intestino delgado	0,888***	22,880 ^c	35,320 ^b	50,042 ^a	3,513	<0,001
Cérebro / fígado, g/g	-0,742*	1,162	0,840	0,705	0,201	0,055
Órgãos, % Peso						
Músc. Semitendíneo	0,380 ^{ns}	0,190	0,212	0,207	0,015	0,214
Baço	0,332 ^{ns}	0,098	0,100	0,103	0,006	0,532
Fígado	0,146 ^{ns}	2,696	2,770	2,672	0,161	0,598
Coração	-0,593*	0,732	0,687	0,691	0,295	0,158
Rins	0,102 ^{ns}	0,663	0,613	0,656	0,059	0,440
Cérebro	-0,953***	2,997 ^a	2,081 ^b	2,132 ^b	0,270	<0,001
Intestino delgado	0,437*	2,488	2,705	2,866	0,191	0,076
Características intestinais						
Comprimento ID, cm	0,514 ^{ns}	256,7	283,9	-	40,6	0,298
Altura vilosidades ID, µm	0,511 ^{ns}	365,7	394,9	-	29,4	0,255
Peso do cólon, g	0,636 ^{ns}	4,417	6,443	-	0,790	0,036

¹ Valor de probabilidade representado por: *** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; ^{ns} P>0,05;

² Erro padrão residual.

Tabela 2 Equações obtidas por análise de covariância para as respostas de peso dos órgãos (g) ao nascimento em função do peso ao nascer dos leitões (PN, expresso em kg)

	Equação	R²	epr¹
Músculo <i>semitendinosus</i>	0,120 + 1,980 PN	0,98	0,23
Baço	-0,052 + 1,036 PN	0,97	0,12
Fígado	-2,480 + 29,200 PN	0,98	1,97
Coração	-2,470 + 8,820 PN	0,99	0,48
Rins	7,150 + 1,090 PN	0,98	0,81
Cérebro	26,240 + 3,770 PN	0,96	0,64
Pulmão	15,400 + 3,440 PN	0,86	1,73
Intestino delgado	-8,200 + 32,900 PN	0,97	3,25
Cérebro / Fígado, g/g	2,628 - 1,191 PN	0,95	0,18

¹ Erro padrão residual.

Tabela 3 Correlação e desempenho dos leitões com diferentes pesos ao nascimento

Variáveis	Correlação ¹	Faixas de peso			epr ²	P
		Leves	Médios	Pesados		
Peso médio, kg						
Nascimento		1,129 ^c	1,511 ^b	1,785 ^a	0,151	<0,001
Desmame (21d)	0,791***	5,647 ^c	6,634 ^b	7,308 ^a	0,421	<0,001
Saída de Creche (70d)	0,469**	25,695 ^b	28,240 ^{ab}	29,828 ^a	2,242	0,001
Início Terminação (100d)	0,312*	50,594 ^b	53,580 ^{ab}	54,869 ^a	2,004	0,012
Abate (150d)	0,415*	97,05 ^b	102,27 ^a	103,67 ^a	1,88	<0,001
Ganho de peso, kg/d						
Pré-desmame	0,588***	0,218 ^b	0,241 ^{ab}	0,259 ^a	0,018	<0,001
Creche	0,257 ^{ns}	0,426 ^b	0,465 ^{ab}	0,484 ^a	0,039	0,007
Crescimento - Terminação	0,182 ^{ns}	0,854 ^b	0,892 ^{ab}	0,909 ^a	0,036	0,012
Nascimento - Abate	0,382*	0,624 ^b	0,657 ^a	0,667 ^a	0,012	<0,001
Consumo de ração, kg/d						
Creche	0,414 ^{ns}	0,727	0,753	0,779	0,080	0,617
Crescimento - Terminação	-0,339 ^{ns}	2,424	2,416	2,403	0,015	0,294
Desmame ao Abate	0,216 ^{ns}	1,878	1,903	1,938	0,064	0,496
Eficiência Alimentar						
Creche	0,444 ^{ns}	0,599	0,607	0,605	0,014	0,818
Crescimento - Terminação	0,313 ^{ns}	0,348 ^b	0,362 ^a	0,369 ^a	0,005	0,001
Desmame ao Abate	0,401 ^{ns}	0,389	0,398	0,406	0,009	0,162
Idade ao Abate (110kg)	-0,400*	178,3 ^a	168,8 ^b	166,2 ^b	4,3	<0,001

¹ Valor de probabilidade representado por: *** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; ^{ns} P>0,05;

² Erro padrão residual.

Tabela 4 Equações obtidas por análise de covariância para peso e ganho de peso de suínos nas diferentes fases de criação em função do peso ao nascer (PN, expresso em kg)

Variáveis	Equação	R ²	epr ¹
Peso, kg			
Desmame (21d)	3,168 + 2,259 PN	0,95	0,305
Saída de Creche (70d)	17,47 + 7,03 PN	0,89	1,985
Início Terminação (100d)	22,8 + 19,93 PN	0,97	1,457
Abate (150d)	85,51 + 10,36 PN	0,99	1,189
Ganho de peso, kg/d			
Lactação	0,1036 + 0,0911 PN	0,95	0,011
Nascimento - Abate	0,6324 + 0,6324 PN	0,99	0,009
Idade ao Abate (110kg)	164,8 + 4,21 PN	0,97	2,997

¹ Erro padrão residual.

Tabela 5 Correlação e médias de características de carcaça de leitões com diferentes pesos ao nascimento

Variáveis	Correlação ¹	Faixas de peso			epr ²	P
		Leves	Médios	Pesados		
Peso ao nascimento, kg		1,172 ^c	1,510 ^b	1,792 ^a	0,190	<0,001
Peso carcaça quente, kg	0,165 ^{ns}	84,20	85,05	85,81	1,99	0,23
Rendimento de carcaça, %	0,084 ^{ns}	80,23	80,25	79,81	0,41	0,26
Teor de carne magra, %	0,095 ^{ns}	57,49	57,59	57,64	0,49	0,78
Rendimento de carne, %	-0,114 ^{ns}	58,50	59,36	58,31	0,45	0,24
Espessura de toucinho, mm	-0,075 ^{ns}	16,12	16,66	15,92	0,91	0,72
Área de lombo, cm²	0,347 ^{ns}	50,29	51,28	51,26	1,21	0,53
Peso absoluto, kg						
Pernil	0,034 ^{ns}	16,56 ^b	16,91 ^{ab}	17,29 ^a	0,33	0,02
Paleta	0,061 ^{ns}	13,14	13,21	13,46	0,34	0,32
Barriga	-0,136 ^{ns}	15,12	15,00	14,72	0,35	0,34
Peso relativo, %						
Lombo	0,015 ^{ns}	25,03	25,42	25,58	0,26	0,07
Pernil	0,004 ^{ns}	19,31	19,57	19,79	0,37	0,15
Paleta	0,069 ^{ns}	15,23	15,22	15,35	0,08	0,12
Barriga	-0,109 ^{ns}	17,46 ^a	17,29 ^{ab}	16,96 ^b	0,23	0,04

¹ Valor de probabilidade representado por: *** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; ^{ns} P>0,05;

² Erro padrão residual.

Tabela 6 Correlação e médias de peso relativo e absoluto dos órgãos ao abate de leitões com diferentes pesos ao nascimento

Variáveis	Correlação ¹	Faixas de peso			epr ²	P
		Leves	Médios	Pesados		
Peso ao nascimento, kg		1,172 ^c	1,510 ^b	1,792 ^a	0,190	<0,001
Peso absoluto, kg						
Coração	0,589*	0,365 ^b	0,370 ^{ab}	0,390 ^a	0,011	0,030
Fígado	0,535 ^{ns}	1,640 ^b	1,735 ^{ab}	1,751 ^a	0,039	0,026
Rins	0,439 ^{ns}	0,323	0,318	0,332	0,014	0,500
Peso relativo, %						
Coração	0,840**	0,456	0,461	0,477	0,011	0,114
Fígado	0,032 ^{ns}	1,957	2,050	2,050	0,058	0,235
Rins	-0,173 ^{ns}	0,399	0,388	0,400	0,020	0,847

¹ Valor de probabilidade representado por: *** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; ^{ns} P>0,05;

² Erro padrão residual.

Tabela 7 Correlação e médias de características de qualidade de carne de suínos com diferentes pesos ao nascimento

Variáveis	Correlação ¹	Faixas de peso			epr ²	P
		Leves	Médios	Pesados		
Peso ao nascimento, kg		1,178 ^c	1,471 ^b	1,785 ^a	0,196	<0,001
<i>Longissimus</i>						
pH 30min	0,036 ^{ns}	6,29	6,32	6,30	0,05	0,73
pH 24h	0,146 ^{ns}	5,56	5,55	5,56	0,02	0,73
Cor L* (luminosidade)	0,025 ^{ns}	50,75	50,88	51,29	0,63	0,22
Cor a (vermelho-verde)	-0,276 ^{ns}	7,10	6,97	6,94	0,21	0,44
Cor b (amarelo-azul)	-0,102 ^{ns}	2,98	2,82	2,79	0,10	0,09
Perda por gotejamento, %	0,026 ^{ns}	4,63	4,82	4,84	0,34	0,40
Perda descongelamento, %	0,265 ^{ns}	9,80	10,01	10,07	0,13	0,17
Perda por cozimento, %	0,311 ^{ns}	21,11	22,16	21,36	0,57	0,08
Força de cisalhamento, kg	-0,093 ^{ns}	5,64	5,60	5,27	0,20	0,14
<i>Semitendinosus</i>						
pH 30min	-0,224 ^{ns}	6,34	6,36	6,30	0,03	0,13
pH 24h	-0,279 ^{ns}	5,82	5,83	5,75	0,05	0,09
Cor L* (luminosidade)	0,638 ^{ns}	40,86	41,46	41,77	0,20	0,07
Cor b (amarelo-azul)	0,812 [*]	4,35	4,65	4,85	0,14	0,14
Perda por gotejamento, %	0,185 ^{ns}	2,30	2,33	2,68	0,45	0,49
Perda por cozimento, %	0,390 ^{ns}	18,10	18,95	18,55	0,82	0,65
Força de cisalhamento, kg	-0,168 ^{ns}	5,65	5,48	5,65	0,31	0,58

¹ Valor de probabilidade representado por: *** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; ^{ns} P>0,05;

² Erro padrão residual.

**ARTIGO 2 - ESTUDO EXPLORATÓRIO DO CONSUMO DE
NUTRIENTES EM FÊMEAS SUÍNAS GESTANTES**

ELOIZA LANFERDINI

**ARTIGO FORMATADO DE ACORDO COM AS NORMAS DA
LIVESTOCK SCIENCE**

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o consumo de nutrientes em fêmeas suínas gestantes, através de um estudo exploratório. O estudo de revisão sistemática e metanálise foi realizado a partir de uma base de dados composta por 12 artigos com fêmeas suínas primíparas e 24 artigos com fêmeas suínas múltíparas. As publicações selecionadas para base de dados, apresentavam a composição nutricional da ração, gestação das fêmeas suínas e os resultados de peso ao nascer dos leitões. Para a comparação entre o consumo de nutrientes nos estudos e as exigências dos animais, foram adotadas as últimas versões do NRC (2012) e das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011). Os estudos avaliaram principalmente a nutrição da fêmea suína no terço final de gestação, com predominância da mesma quantidade de ração fornecida durante todo o período gestacional. A maioria dos trabalhos avaliados apresentou consumo de nutrientes superiores ao preconizado pelo NRC (2012) e pelas Tabelas Brasileiras (2011). Os estudos publicados nos últimos 14 anos, avaliam consumo de nutrientes mais elevados que as recomendações de exigências nutricionais para fêmeas suínas gestantes e com o fornecimento da mesma quantidade de ração durante toda a gestação.

Palavras-chave: exigências, hiperprolificidade, revisão, suinocultura.

1 INTRODUÇÃO

As fêmeas suínas atuais são precoces, com menor espessura de toucinho, apresentam baixo apetite e são mais férteis (Whittemore e Kyriazakis, 2006). A alta produtividade dessas fêmeas tem causado uma maior desuniformidade da leitegada ao nascimento e um aumento na quantidade de leitões de baixo peso ao nascimento (Quiniou et al., 2002). Com a diminuição no peso ao nascimento dos leitões, a adequada nutrição da fêmea suína gestante tornou-se fundamental, a fim de atender as demandas do maior aporte nutricional da fêmea e evitar leitões com baixa viabilidade ao nascimento, via consumo de nutrientes durante a gestação.

De modo geral, a nutrição durante o período da gestação de fêmeas suínas tem como objetivos a manutenção da condição corporal, o ganho de peso materno e o desenvolvimento embrionário e fetal. A falta de ajuste entre exigências e ingestão de nutrientes durante a gestação pode se traduzir em situações adversas, como perda ou acúmulo excessivo de peso conforme o período de maior ou menor demanda. Isso afeta negativamente o atual e os próximos ciclos reprodutivos da fêmea suína (Shurson et al., 2003). Assim, as estratégias alimentares devem considerar as consequências da nutrição em todas as fases do ciclo produtivo.

O interesse por linhas de pesquisa que relacionam a nutrição das fêmeas suínas com o peso ao nascer dos leitões tem crescido muito na última década. Porém, os estudos atuais ainda não fornecem uma base científica sólida para determinar claramente os efeitos da nutrição da fêmea suína hiperprolífica gestante, apresentando resultados contraditórios e/ou inconclusivos em diversas variáveis experimentais. Além disso, muitos resultados previamente obtidos podem ter sido influenciados por características dos programas nutricionais e alimentares.

Análises exploratórias utilizando técnicas de revisão sistemática e a metanálise são opções para sintetizar e integrar os resultados. Estas ferramentas também permitem a integração de diferentes variáveis nas análises e o estabelecimento de respostas ajustadas à diversidade experimental dos estudos anteriores. Sendo assim, o objetivo com este estudo exploratório foi avaliar o consumo de nutrientes em fêmeas suínas gestantes nos artigos publicados entre 2004 e 2014.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de revisão e metanálise foi realizado a partir de uma base de dados composta por 47 artigos publicados no espaço temporal de 10 anos (2004 a 2014). As publicações foram selecionadas para a base de dados após uma busca em bases de dados *online*, conforme os seguintes critérios: (1) apresentar a composição nutricional da ração na gestação das fêmeas suínas e (2) apresentar os resultados de peso dos leitões ao nascimento. O peso ao nascer foi usado como critério de seleção dos artigos para a base de dados, a fim de garantir a inclusão de estudos que buscassem melhorias nessa variável através da nutrição e alimentação de fêmeas suínas gestantes. Os estudos envolveram a avaliação do uso de aminoácidos (arginina, lisina), aditivos (betaína, ácido linoleico conjugado, probiótico, extrato, antioxidante), nível de energia, nível de proteína, uso de minerais (Zn, Cu, Fe, Mn, Mg, Na) e de vitaminas (C, B12, B9) na alimentação de fêmeas suínas gestantes.

A metodologia para a tabulação e codificação dos dados seguiu as proposições descritas na literatura (Lovatto et al., 2007; Sauvant et al., 2008). Algumas codificações foram utilizadas como critérios qualitativos de agrupamento, como recurso para associar grupos homogêneos em determinadas características. Neste particular, a principal codificação utilizada foi a ordem de parto da fêmea suína, classificadas em primíparas e multíparas.

O estudo exploratório foi realizado a partir de características experimentais relevantes: objetivos específicos dos artigos, períodos avaliados na gestação e ordem de parto das fêmeas. Para a comparação entre o consumo de nutrientes dos estudos e as exigências dos animais, foram adotadas as últimas versões do NRC (2012) e das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011). Esses dois modelos consideram o peso corporal, ganho de peso corporal e ganho de peso reprodutivo (útero e tecido mamário) para compor a

exigência dos nutrientes de fêmeas suínas em gestação. Todos os tratamentos (linhas da base de dados) foram comparados com as recomendações nutricionais atuais estimadas pelos modelos propostos, segundo a ordem de parto e fase gestacional. A diferença entre o consumo observado nos estudos e as recomendações nutricionais foi individualmente expressa em variação percentual em cada tratamento da base de dados.

Análise gráfica foi utilizada para controlar a qualidade da base e observar a coerência biológica dos dados. A análise descritiva e os gráficos foram realizados através do programa MINITAB 17 (2013).

3 RESULTADOS

3.1 Descrição geral

Inicialmente, foram selecionados 47 artigos que apresentavam a composição nutricional da ração na gestação de fêmeas suínas e o peso ao nascer dos leitões. Após análise preliminar, 11 artigos foram excluídos, pois consideravam programas alimentares e nutricionais iguais para fêmeas suínas primíparas e múltíparas.

Os trabalhos incluídos na base de dados foram publicados em periódicos indexados, sendo que o *Journal of Animal Science* foi o periódico mais utilizado (20% dos trabalhos da base). A maioria dos experimentos foi realizada na China (22%). A base de dados totalizou 4.470 animais com média de 124 fêmeas suínas por artigo e 37 animais por tratamento. O peso médio inicial das fêmeas suínas foi de 179 kg e o período médio de fornecimento da ração experimental foi de 70 dias (mínimo 7 dias e máximo 114 dias de gestação).

3.2 Descrição base de dados com fêmeas suínas primíparas

Das publicações selecionadas para base de dados, 12 artigos apresentaram avaliação nutricional de fêmeas suínas primíparas em gestação. O peso médio inicial foi de 167 kg e o período médio de avaliação da ração foi de 65 dias (mínimo 7 dias e máximo 114 dias de gestação). As primíparas gestantes foram alojadas individualmente em cinco estudos, em grupo em quatro trabalhos e três artigos não descreveram essa informação.

Dos trabalhos que compuseram a base de dados com primíparas, seis avaliaram a ração durante todo o período gestacional, quatro avaliaram apenas no terço final da gestação e dois trabalhos avaliaram durante as duas últimas

fases gestacionais (Figura 1). O consumo médio de ração foi de 2,65 kg/dia (entre 2,00 e 3,70 kg). Em 10 artigos, a quantidade de ração fornecida foi mantida constante durante toda a fase de gestação e em apenas dois trabalhos foram fornecidas quantidades diferentes de ração durante as fases gestacionais. Quanto aos ingredientes das rações, cinco estudos usaram rações com base em milho e farelo de soja, e os demais, apresentavam algum ingrediente alternativo, principalmente a cevada. Os dados de composição nutricional das rações de gestação e o consumo de nutrientes das fêmeas suínas primíparas nos trabalhos adicionados a base de dados são apresentados na tabela 1.

3.3 Descrição base de dados com fêmeas suínas múltíparas

A avaliação nutricional de fêmeas suínas gestantes múltíparas foi estudada em 24 artigos da base de dados. A ordem de parto média foi de 4,42, com uma variação de 2 a 7 partos. O peso médio inicial foi de 184 kg e o período médio de avaliação da ração foi de 65 dias (mínimo 7 dias e máximo 114 dias de gestação). Em seis trabalhos, as fêmeas suínas múltíparas foram alojadas individualmente, em cinco estudos os animais foram alojados em grupos e em 13 artigos esta informação não foi apresentada.

Em múltíparas, as rações foram avaliadas no terço final da gestação em 14 artigos, durante todo o período gestacional em seis estudos, em três pesquisas apenas nas duas últimas fases gestacionais e em dois trabalhos, as rações foram avaliadas no período inicial de gestação (Figura 2). O consumo médio de ração durante o período de gestação foi de 2,50 kg/dia (entre 1,80 e 4,00 kg). Em 19 artigos, a quantidade de ração fornecida foi mantida constante durante todo o período gestacional e apenas cinco trabalhos forneceram diferentes quantidades de ração conforme as fases gestacionais da fêmea suína. Em 14 estudos foram usados milho e farelo de soja como base, enquanto que em 10 trabalhos foi usada alguma

fonte alternativa ao milho, principalmente a cevada. Os dados da composição nutricional das rações de gestação utilizadas experimentalmente e o consumo de nutrientes de fêmeas suínas multíparas são apresentados na Tabela 1.

3.4 Comparação do consumo de nutrientes

Diferenças foram observadas entre o consumo de nutrientes de fêmeas suínas primíparas e multíparas **observados** nos artigos e as respectivas recomendações segundo o NRC (2012) e as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) (Figura 3 e 4). De modo geral, os animais dos tratamentos apresentaram consumo de nutrientes superior ao preconizado pelas referências utilizadas.

O consumo de energia metabolizável pelas fêmeas foi inferior às recomendações do NRC (2012) em 54% dos tratamentos com fêmeas primíparas em gestação, porém esse valor sobe para 65% se considerado às proposições das Tabelas Brasileiras (2011). O consumo de proteína de fêmeas primíparas em gestação foi superior às recomendações do NRC e das Tabelas Brasileiras em 97 e 53% dos tratamentos, respectivamente. A avaliação do consumo de aminoácidos (lisina, metionina-cistina, treonina, triptofano) em relação à proposta do NRC ficou próximo dos 50% para consumos superiores e inferiores. Porém, em relação às Tabelas Brasileiras (2011), 68, 62, 91 e 69% dos tratamentos estudaram consumos superiores de lisina, metionina-cistina, treonina e triptofano, respectivamente, em fêmeas suínas primíparas em gestação.

Em comparação com o NRC (2012), as pesquisas com fêmeas suínas multíparas gestantes utilizaram consumo diário de energia metabolizável abaixo do preconizado em 56% dos tratamentos. Porém, para níveis de proteína e aminoácidos houve predominância de níveis acima das recomendações dessa tabela. Dos tratamentos da base de dados, 73% avaliaram níveis de proteína

acima das recomendações do NRC (2012) para fêmeas suínas multíparas em gestação. Para os aminoácidos, o consumo de lisina, metionina-cistina, treonina e triptofano ficaram acima das recomendações do NRC (2012) em 80, 70, 77 e 85% dos tratamentos, respectivamente.

Quando o consumo de energia e de nutrientes pelas fêmeas suínas multíparas em gestação foi comparado com as recomendações das Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2011), observou-se que em 72, 51, 55, 70 e 54% dos tratamentos o consumo de energia metabolizável, proteína, lisina, metionina-cistina e triptofano foi superior às recomendações da Tabela, respectivamente. Por outro lado, o consumo de treonina foi inferior em 79% dos tratamentos, enquanto que para cálcio e fósforo os consumos pelas fêmeas foram superiores às recomendações de ambas às tabelas na maioria dos tratamentos.

4 DISCUSSÃO

As necessidades nutricionais das fêmeas suínas gestantes variam de acordo com fatores intrínsecos ao animal (genética, estágio fisiológico, ordem de parto) e extrínsecos (condições ambientais, manejo, alimentação, entre outros). Neste estudo foi considerado a ordem de parto, fase gestacional, o manejo alimentar e a nutrição da fêmea suína.

As fêmeas de primeiro e segundo parto devem apresentar maior ganho de peso em relação às fêmeas suínas de três ou mais partições para atingirem a condição corporal desejada ao parto (Young et al., 2005). Isso é explicado pelo ganho maternal mais significativo em fêmeas mais jovens, o que implica em exigências nutricionais diferenciadas entre fêmeas suínas primíparas e múltíparas. Sendo assim, fêmeas suínas primíparas apresentam maior exigência proteica, para deposição de tecido muscular, enquanto as fêmeas múltíparas e mais pesadas, maior exigência de energia, em função do peso metabólico (Mahan, 1977). Os modelos atualizados de exigências (NRC, 2012; Tabelas Brasileiras, 2011) propõe diferentes exigências para fêmeas suínas gestantes de primeiro ou mais partos. Por esses motivos, neste estudo foram avaliadas separadamente, as fêmeas suínas primíparas e múltíparas, e foram excluídos os trabalhos que consideravam ambas. Além disso, utilizar o mesmo programa alimentar para categorias distintas (primíparas e múltíparas) pode ser questionado do ponto de vista metodológico. A não observância deste importante fator de variação nas exigências poderia levar a um viés nas conclusões, sobretudo em estudos envolvendo níveis nutricionais ou aditivos alimentares.

A gestação da fêmea suína pode ser dividida em três fases fisiológicas, com eventos marcantes em cada uma delas. A primeira fase da gestação se caracteriza pela implantação dos embriões. Durante a segunda fase da gestação se estabelece o número de fibras musculares dos fetos, o qual tem relação com a eficiência do crescimento pós-natal (Dwyer et al., 1994). Os primeiros 70 dias de gestação são

também uma fase de recuperação das reservas corporais das fêmeas suínas mobilizadas na lactação anterior. A terceira fase da gestação é caracterizada pelo maior desenvolvimento da glândula mamária (76 a 90 dias) e pelo crescimento mais acentuado do feto (a partir dos 91 dias), o que resulta em aumento das exigências nutricionais da fêmea suína. Além disso, a nutrição de uma fase (estádio fisiológico) deve ser ajustada pensando nas fases subsequentes, pois embora tenham objetivos específicos, as práticas de alimentação das categorias de fêmeas estão inter-relacionadas. Isso faz com que o programa de nutrição em uma determinada fase tenha efeitos significativos no desempenho alcançado na fase subsequente.

Programas atuais de alimentação para fêmeas suínas gestantes com ração única, como foi observado em 83% dos trabalhos deste estudo exploratório, podem ser inadequados para o crescimento fetal, especialmente durante o terço final da gestação. As exigências nutricionais dos animais não podem ser alcançadas através de uma quantidade constante de nutrientes durante a gestação, uma vez que a demanda por nutrientes tanto da mãe e seus fetos aumenta ao longo da gestação (McPherson et al., 2004). Além disso, o *status* energético de fêmeas suínas em gestação pode afetar diretamente o desempenho lactacional (Kim et al., 2009).

O fornecimento de quantidades mínimas de nutrientes, suficientes para a manutenção e o desenvolvimento embrionário e fetal é comum no período gestacional, no intuito de evitar o ganho excessivo de peso nesta fase. Porém, isso pode prejudicar o desenvolvimento normal do tecido mamário e a produção de leite, além de resultar em aumento da perda de peso por deficiência de reservas corporais. Em condições experimentais, o fornecimento limitado de nutrientes pode servir de viés, influenciando os resultados das pesquisas.

A superalimentação energética pode levar à obesidade ao parto e, conseqüentemente, aumentar a perda de peso durante a lactação (Sinclair et al., 1998), o que é um problema maior para fêmeas suínas de primeiro e segundo partos. O excesso de energia ou de ração durante a gestação pode alterar a

regulação de insulina e glicose, com reflexos pós-parto como a diminuição no apetite e aumento no catabolismo proteico e lipídico (Trottier e Johnston, 2001). Além disso, entre os 66 e 101 dias de gestação, o maior aporte energético está associado ao decréscimo na ingestão voluntária durante a lactação (King et al., 2006). Em vários estudos foi verificada uma relação inversa entre os consumos de ração na gestação e lactação (Ji et al., 2005; Cerisuelo et al., 2008).

As exigências de proteína e aminoácidos aumentam progressivamente durante a gestação devido à retenção de nitrogênio nos fetos, estruturas relacionadas (placenta, líquido corioalantoide e útero), desenvolvimento da glândula mamária e deposição de proteína corporal da fêmea. A deposição de proteína nos fetos a partir dos 70 dias de gestação é cerca de 18,5 vezes maior do que no período anterior da gestação (Kim et al., 2009). O ganho de proteína das glândulas mamárias aumenta 24,4 vezes após os 80 dias de gestação em relação ao período inicial da gestação (Ji et al., 2006).

Em ambas as referências nutricionais utilizadas no presente estudo, as exigências de lisina são diferenciadas entre dois períodos de gestação, considerando 70 (Rostagno et al., 2011) ou 90 dias de gestação (NRC, 2012), sendo as exigências superiores, em ambos os casos, no segundo período de gestação. O fornecimento de maior quantidade de ração no terço final de gestação proporciona, em fêmeas suínas primíparas, um maior peso ao nascimento dos leitões (Shelton et al., 2009). Apesar destes conhecimentos, muitas das pesquisas realizadas (83%) ainda usam uma ração única com a mesma quantidade de ração fornecida durante todo o período gestacional da fêmea suína.

Quanto às relações entre lisina e os demais aminoácidos, nas Tabelas Brasileiras (2011) são propostas relações constantes para os aminoácidos relacionados à lisina independentemente da fase gestacional ou ordem de parto. Porém, no NRC (2012) é preconizado que as relações de aminoácidos com a lisina devem ser ajustadas de acordo com o componente depositado durante a fase de

gestação. Isso porque, os diversos tipos de tecidos (corpo materno, feto, útero, placenta e fluídos, glândula mamária) possuem perfil aminoacídico depositado diferente. Neste sentido, alimentar as fêmeas suínas em gestação com um nível de aminoácidos fixo é incorreto, pois se assumiria que a exigência de nutrientes possui uma distribuição igual durante todo o período gestacional.

Embora a produtividade da fêmea suína tenha aumentado nas últimas décadas, as recomendações de minerais não mudaram substancialmente. Porém, a deposição fetal de macro e micro minerais aumenta durante o final da gestação (Mahan et al., 2009). Este aumento na exigência de minerais no final da gestação, pode ser atribuído ao período em que o feto retém minerais para sua vida pós-natal. Se a ração das fêmeas suínas não apresentar níveis adequados de minerais para suprir suas exigências reprodutivas, elas irão mobilizar as reservas corporais antes do início da lactação. O observado neste estudo exploratório foi que as pesquisas atuais usam níveis de cálcio e fósforo acima dos valores recomendados pelas tabelas de exigências. Isso pode evitar problemas de desmineralização óssea durante a vida reprodutiva da fêmea suína.

A prolificidade mais elevada requer níveis nutricionais mais elevados para apoiar as necessidades metabólicas da fêmea suína (Kim et al., 2005). Apesar do aumento de pesquisas com fêmeas suínas hiperprolíficas, as recomendações nutricionais ainda são baseadas em exigências de fêmeas muito menos prolíficas e produtivas do que as fêmeas modernas (Ball et al., 2008). Porém, nas pesquisas publicadas nos últimos anos (2004 a 2014), os autores utilizaram o fornecimento da mesma ração ao longo da gestação das fêmeas suínas, com consumo de nutrientes acima das recomendações das tabelas de exigências.

5 CONCLUSÕES

O fornecimento de mesma quantidade de ração durante todo o período gestacional é predominante nos estudos que avaliam a nutrição de fêmeas suínas gestantes. O consumo de nutrientes pelas fêmeas suínas gestantes primíparas e múltiparas é superior às recomendações do NRC (2012) e das Tabelas Brasileiras (2011), em suas últimas versões, nas pesquisas publicadas entre 2004 e 2014.

REFERÊNCIAS

- Ball, R.O., Samuel, R.S., Moehn S., 2008. Nutrient requirements of prolific sows. *Adv. Pork Prod.* 19, 223–236.
- Cerisuelo, A., Sala, R., Gasa, J., Chapinal, N., Carrión, D., Coma, J., Baucells, M.D., 2008. Effects of extra feeding during mid-pregnancy on gilts productive and reproductive performance. *Span. J. Agric. Res.* 6(2), 219–229.
- Dwyer, C.M., Stickland, N.C., Fletcher, J.M., 1994. The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth. *J. Anim. Sci.* 72, 911–917.
- Ji, F., Wu, G., Blanton, J.R., Kim, S.W., 2005. Changes in weight and composition in various tissues of pregnant gilts and their nutritional implications. *J. Anim. Sci.* 83(2), 366–375.
- Ji, F., Hurley, W.L., Kim, S.W., 2006. Characterization of mammary gland development in pregnant gilts. *J. Anim. Sci.* 84, 579–587.
- Kim, S.W., Wu, G., Baker, D.H., 2005. Amino acid nutrition of breeding sows during gestation and lactation. *Pig News Inform. CABI.* 26, 89–99.
- Kim, S.W., Hurley, W.L., Wu, G., Ji, F., 2009. Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation. *J. Anim. Sci.* 87, E123–E132.
- King, R.H., Eason, P.J., Smits, R.J., Morley, W.C., Henman, D.J., 2006. The response of sows to increased nutrient intake during mid to late gestation. *Aust. J. Agric. Res.* 57, 33–39.

Lovatto, P.A., Lehnen, C.R., Andretta, I., Hauschild, L., Carvalho, A.D., 2007. Meta-análise em pesquisas científicas - enfoque em metodologias. R. Bras. Zootec. 36, 285–294.

Mahan, D.C., 1977. Effect of feeding various gestation and lactation dietary protein sequences on long-term reproductive performance in swine. J. Anim. Sci. 45(5), 1061–1072.

Mahan, D.C., Watts, M.R., St-Pierre, N., 2009. Macro- and micromineral composition of fetal pigs and their accretion rates during fetal development. J. Anim. Sci. 87, 2823–2832.

McPherson, R.L., Ji, F., Wu, G., Blanton, J.R., Kim, S.W., 2004. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. J. Anim. Sci. 82, 2534–2540.

NRC - National Research Council. Nutrient requirements of swine. 2012. 11. ed. Washington, DC: National Academic Press. 400p.

Quiniou, N., Dagorn, J., Gaudré, D. 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. Livest. Prod. Sci. 78(1), 63–70.

Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. e Euclides, R.F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. UFV. Viçosa. 252 p.

Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J.J. St-Pierre, N.R., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. Animal. 2, 1203–1214.

Shelton, N., Derouchey, J., Neill, C., Tokach, M., Dritz, S., Goodband, R., Nelssen, J., 2009. Effects of increasing feed level during late gestation on sow and litter performance. Kansas Agric. Exp. Stn. Stn. Rep. Prog. 1020, 38–50.

Shurson, G.C., Lubal, G.W., Crenshaw, J., Hamilton, C.R., Fisher, R.L., Koehler, D.D., Whitney, M.H., 2003. Impact of energy intake and pregnancy status on rate and efficiency of gain and backfat changes of sows postweaning. *J. Anim. Sci.* 81(1), 209–216.

Sinclair, A.G., Cia, M.C., Edwards, S.A., Hoste, S., 1998. Response to dietary protein during lactation of Meishan synthetic, Large White and Landrace gilts given food to achieve the same target backfat level at farrowing. *Anim. Sci.* 67, 349–354.

Trottier, N.L., Johnston, L.J., 2001. Feeding gilts during development and sows during gestation and lactation. In: Lewis, A. J.; Southern, L. L. (Org.) *Swine nutrition*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 725–770.

Whittemore, C.T., Kyriazakis, I., 2006 *Whittemore's science and practice of pig production*. 3^a. ed. Oxford: Blackwell Publishing. 704p.

Young, M.G., Tokach, M.D., Aherne, F.X., Main, R.G., Dritz, S.S., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., 2005. Effect of sow parity and weight at service on target maternal weight and energy for gain in gestation. *J. Anim. Sci.* 83(1), 255–261.

Figura 1 Nível de proteína e de lisina nas rações de gestação de fêmeas suínas primíparas nas diferentes fases

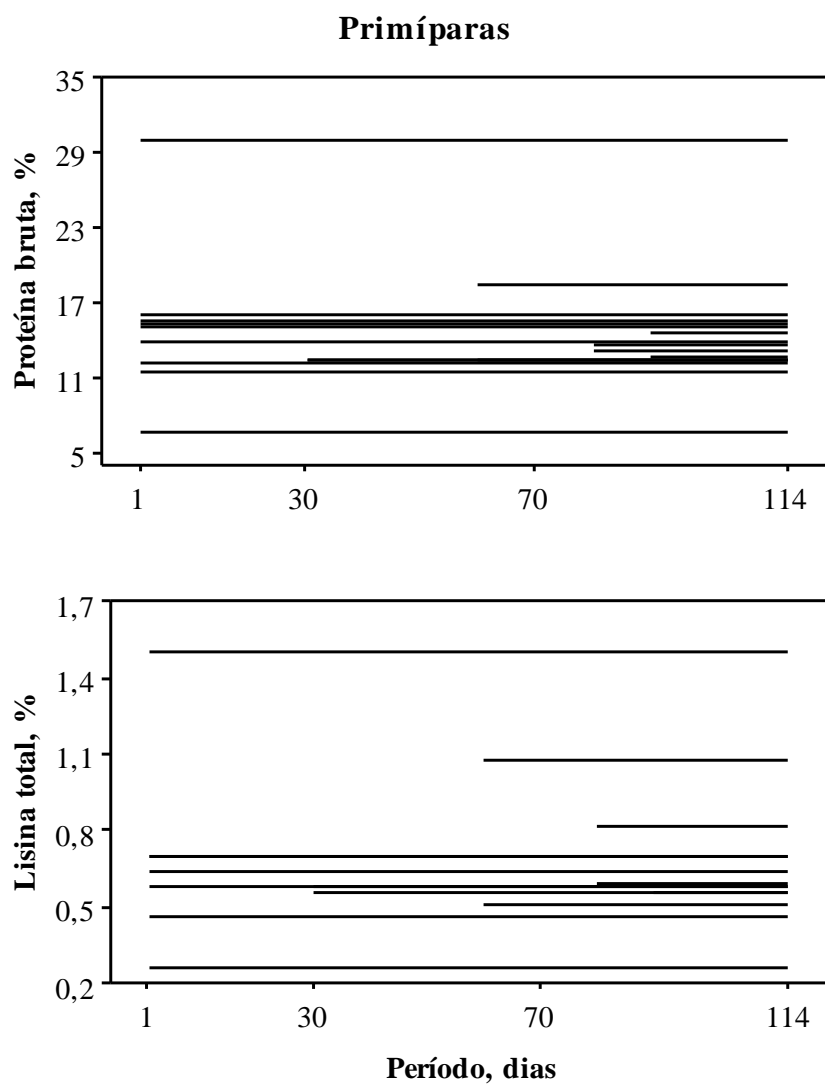


Figura 2 Nível de proteína e de lisina nas rações de gestação de fêmeas suínas multíparas nas diferentes fases

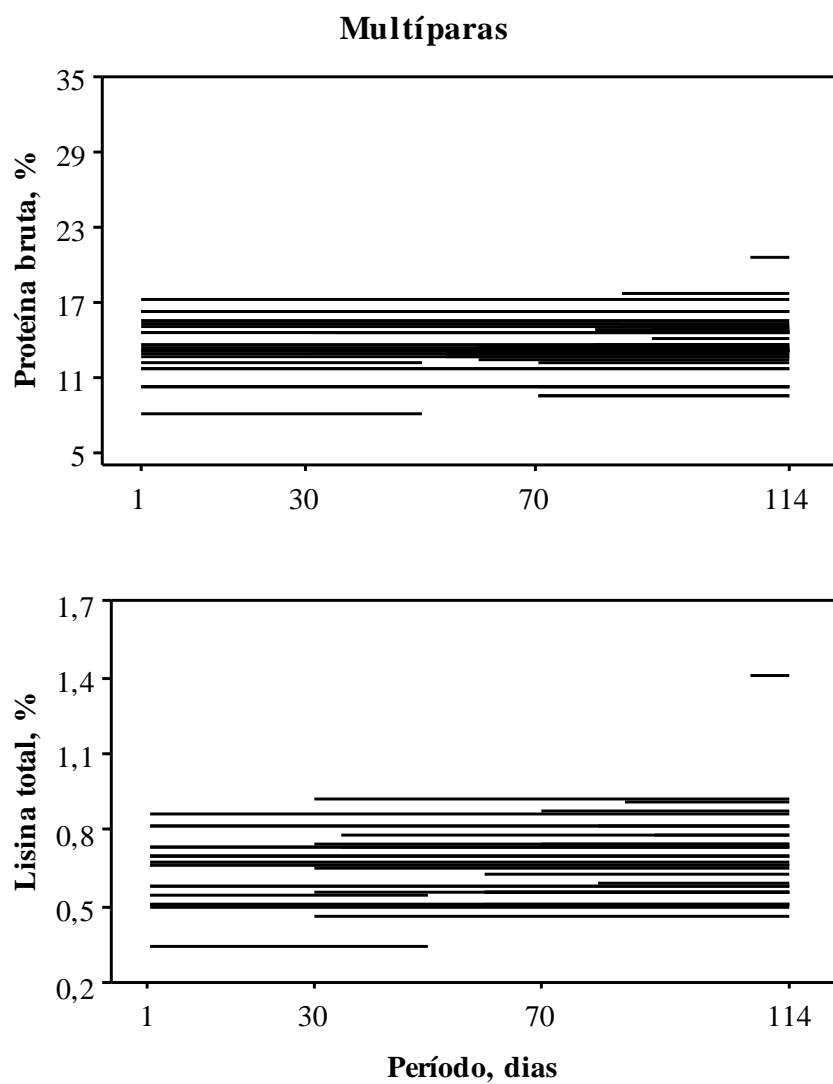


Tabela 1 Mínimo, médio e máximo dos níveis nutricionais da dieta gestação e consumo de nutrientes de fêmeas suínas primíparas e multíparas

Composição	Primíparas			Multíparas		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
EM, kcal/kg	2150	2955	3320	2150	3023	3296
PB, %	6,50	13,81	30,00	7,80	13,52	20,50
Lisina, %	0,26	0,64	1,50	0,34	0,70	1,40
Met+Cis, %	0,18	0,45	0,74	0,33	0,50	0,70
Treonina, %	0,22	0,48	0,76	0,38	0,52	0,70
Triptofano, %	0,07	0,16	0,34	0,11	0,16	0,21
Cálcio, %	0,53	0,96	1,20	0,63	0,82	1,09
Fósforo total, %	0,68	0,71	0,83	0,40	0,59	0,79
Consumo Nutriente						
CR, kg/d	2,00	2,65	3,70	1,80	2,50	4,00
EM, kcal/dia	6200	7726	9795	6200	8016	9888
PB, g/dia	161,2	365,0	768,0	180,0	342,0	528,0
Lisina, g/dia	6,45	16,85	38,40	9,18	16,56	27,30
Met+Cis, g/dia	4,46	11,51	20,70	6,30	10,61	20,70
Treonina, g/dia	5,46	11,31	17,02	7,38	10,95	15,45
Triptofano, g/dia	1,74	3,81	8,70	2,20	3,41	4,86
Cálcio, g/dia	14,60	24,60	36,00	13,50	20,45	28,80
Fósforo total, g/dia	13,80	17,52	23,10	8,82	14,42	20,88

CR: Consumo de ração.

Figura 3 Relação entre os níveis recomendados de nutrientes para fêmeas suínas primíparas (segundo o NRC (2012) – NRC; e as Tabelas Brasileiras (2011) – BR) e os níveis efetivamente fornecidos. A relação foi expressa em percentual para facilitar a visualização. Cada ponto representa um tratamento na base de dados.

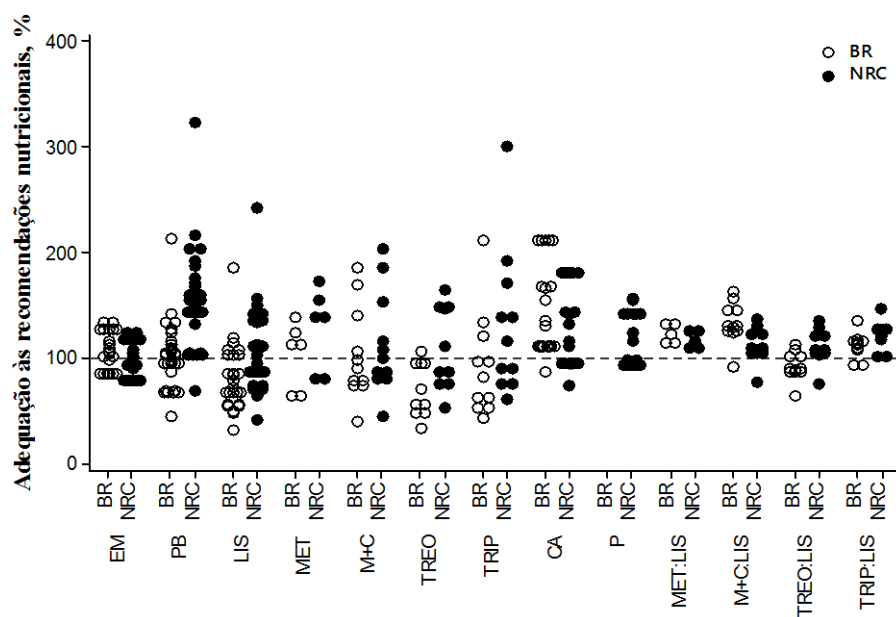


Figura 4 Relação entre os níveis recomendados de nutrientes para fêmeas suínas múltiparas (segundo o NRC (2012) – NRC; e as Tabelas Brasileiras (2011) – BR) e os níveis efetivamente fornecidos. A relação foi expressa em percentual para facilitar a visualização. Cada ponto representa um tratamento na base de dados.

