



## Suplementação de glutamina e vitamina A em períodos críticos da gestação de fêmeas suínas

### Glutamine and vitamin A supplementation in critical periods of pregnancy reduces weight variability in piglets at birth

Jessica Silva Soares<sup>1</sup> , Ana Laura Bernardes<sup>1</sup> , Stenia Severo Rabelo<sup>1</sup> , Gismar Silva Vieira<sup>1</sup> , Ana Caroline Rodrigues da Cunha\*<sup>1</sup> , Robson Carlos Antunes<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

\*Autor correspondente: anacaroliner Cunha@gmail.com.

**Resumo:** Com a seleção e progresso genético, o perfil das fêmeas foi modificado e a prolificidade tornou-se a principal característica. Como consequência, o desenvolvimento fetal foi afetado pelo aumento do número de leitões, o que resultou em maior competição uterina por nutrientes e espaço. O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da suplementação de glutamina e vitamina A na sobrevivência embrionária e fetal e sua influência no desempenho reprodutivo e produtivo de fêmeas. Foram selecionadas 71 fêmeas, oriundas dos cruzamentos Large White X Landrace X Meishan X Jianjing, de diferentes ordens de parto (OP) para a distribuição uniforme entre os tratamentos divididos em dois grupos. A suplementação de glutamina e vitamina A em períodos considerados críticos para a gestação mostrou-se efetiva neste estudo, em termos de coloração placentária, resultando em placentas mais escuras, o que poderia significar maior vascularização. A inclusão de glutamina e vitamina A influenciou em menos variabilidade em Natimortos por Leitegada (NL) e no Peso ao Nascer intra-leitegada dos Leitões Nascidos Vivos (PNLNV). Embora o tratamento não tenha influenciado o Peso Médio ao Nascer dos Leitões (PMNL), a suplementação reduziu a porcentagem de leitões leves ( $\leq 1000$  g) em fêmeas de alta e baixa prolificidade.

**Palavras-chave:** Aminoácidos. Gestação. Leitegada. Sobrevivência

**Abstract:** With selection and genetic progress, the profile of females was modified and prolificity became the main traits. Consequently, fetal development was affected by the increased number of piglets, which resulted in increased uterine competition for nutrients and space. The aim of this study was to analyze the effects of glutamine and vitamin A supplementation on embryonic and fetal survival and its influence on the reproductive and productive performance of females. We selected 71 females, from the Large White X Landrace X Meishan X Jianjing crosses, from different orders of delivery (OP) for uniform distribution between the treatments divided into two groups. Glutamine and vitamin A supplementation in periods considered critical for pregnancy was effective in this study, in terms of placental coloration, resulting in darker placentas, which could mean greater vascularization. The

Recebido: 30 de agosto, 2023. Aceito: 13 de dezembro, 2023. Publicado: 11 de março, 2024.

inclusion of glutamine and vitamin A influenced less variability in Stillborn per Litter (SL) and in the Birth Weight of Live Born intra-litter (BWLb). Although the treatment did not influence the Average Total Piglets Born (ATPB), supplementation reduced the percentage of light piglets ( $\leq 1000$  g) in females of high and low prolificity.

**Keywords:** Amino Acids. Gestation. Litter. Survival.

## 1. Introdução

Nos últimos anos, a composição corporal de fêmeas suínas têm sido alterada por meio de seleção genética, tornando a prolificidade e deposição de carne magra na carcaça as principais características de avaliação em programas de melhoramento genético. Consequentemente, outras características também foram modificadas, como aumento de peso, aumento do número de leitões ao desmame, maior número de lactações por ano e menor período de retorno à ciclicidade após o desmame devido à redução do consumo de ração<sup>(1)</sup>.

Nesse contexto, o desenvolvimento embrionário e fetal foi limitado devido à diminuição do fluxo sanguíneo para o feto e, conseqüentemente, a eficiência placentária<sup>(2)</sup>. Assim, é essencial compreender as alterações fisiológicas que levam à restrição do crescimento in utero, uma vez que o estado nutricional adequado de leitões e fêmeas antes do acasalamento, durante a gestação precoce, intermediária e tardia, pode ser efetivo em aumentar a uniformidade de ovócitos e fetos e esta, por sua vez, diminuir a variação no desenvolvimento embrionário durante as fases de alongamento, implantação e placentação<sup>(2,3)</sup>.

Assim, os aminoácidos e vitaminas devem estar equilibrados na dieta para garantir as necessidades do feto, glândulas mamárias, manutenção e crescimento mamário da gestante<sup>(4)</sup>, considerando que as fêmeas têm necessidades nutricionais diferentes que são dependentes da fase da gestação.

Correspondentemente, o balanço ótimo de aminoácidos também sofre variações de acordo com a fase da gestação<sup>(4,5)</sup>. Portanto, o equilíbrio de aminoácidos e vitaminas durante a gestação deve ser adequado de acordo com cada fase, pois são os principais nutrientes que regulam a sobrevivência e o desenvolvimento do feto<sup>(6)</sup>. O objetivo deste estudo foi investigar a influência da suplementação com glutamina e vitamina A durante os períodos críticos de sobrevivência embrionária e fetal no desempenho reprodutivo e produtivo.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Animais e delineamento experimental

Os procedimentos para o manejo dos animais estão de acordo com os princípios éticos da Experimentação Animal adotados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal (CEUA)

da Universidade Federal de Uberlândia, aprovado sob o protocolo nº 90/2018. O estudo foi realizado em uma granja comercial de suínos, localizada no município de Patrocínio, Minas Gerais, Brasil, com latitude 18° 56' 38" (S), comprimento 46° 59' 33" (W) e altitude em 965 m.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com dois grupos (grupo controle-T1 e grupo teste-T2) com 36 repetições no grupo controle e 35 repetições no grupo teste, sendo a matriz considerada a unidade experimental. Foram selecionadas 71 fêmeas, oriundas dos cruzamentos Large White X Landrace X Meishan X Jianjing, de diferentes ordens de parto (OP) para a distribuição uniforme entre os tratamentos divididos em dois grupos T1: grupo controle (sem suplementação) e T2: suplementação de glutamina e vitamina A, na forma *on top*. Ambos os grupos continham fêmeas de 1ª até 8ª ordem de parto, distribuídas uniformemente entre grupos

As matrizes foram alojadas em um galpão de gestação com gaiolas individuais contendo um bebedouro tipo chupeta e um comedouro tipo cocho. Aos 112 dias de gestação, foram transferidas para a maternidade. A ração gestacional e o manejo alimentar utilizados foram os mesmos adotados pela propriedade (Tabela 1). A suplementação foi definida como os suplementos sendo adicionados à ração no momento do fornecimento aos criadores de suínos, na quantidade total de 20 g.

**Tabela 1** Ingredientes e níveis nutricionais da dieta gestacional fornecida às fêmeas.

Ingredientes	Composição (%)
Milho úmido	77,45
Farelo de soja	18,50
Fosfato dicálcico	1,42
Calcario calcítico	0,80
Sal	0,50
Núcleo para uso na fase de gestação	1,32
Níveis do Núcleo para uso na fase de gestação	
Fosfato dicálcico	25,96
Vitamina	21,05
Aditivo para micotoxina	14,03
Lisina	10,17
Suplemento mineral <sup>1</sup>	7,01
Cloreto de colina	7,01
Metionina	5,96
Treonina	4,91
Biotina	2,10
Sulfato de cobre	1,40
Fitase	0,35

<sup>1</sup>Mineral supplement: iron, manganese, zinc, copper, selenium, and chromium composition.

A proporção utilizada para cada componente do suplemento foi de 0,65% de glutamina (Divisão Aminoscience - Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda, Limeira, São Paulo, Brasil) e 0,2% de vitamina A. O caulim foi utilizado como veículo para fortificação de micronutrientes garantindo administração homogênea à todos os animais com um intervalo entre 20 g.

Para a oferta de suplementos, considerou-se o período crítico da gestação e as datas do períodos gestacionais, sendo: Vitamina A aos 12, 27 e 35 dias de gestação e Glutamina aos 35, 55, 70 e 100 dias de gestação. Todos os suplementos foram ofertados no dia considerado período crítico da gestação e um dia antes e um dia após esse período e alocados três dias consecutivos de suplementação por período.

## 2.2 Medidas nas fêmeas e em leitegadas

A Espessura de Gordura (EG) nas fêmeas foi realizada na posição P2 (na altura da última costela), aproximadamente 6 a 7 cm da linha média do lado direito, por meio de um ultrassom (Microem®, MTU-100) pulsado de 2 MHz. O Escore de Condição Corporal (ECC) foi avaliado dois dias antes da inseminação e aos 112 dias de gestação por meio do paquímetro e obtido três classificações, sendo: 1 (Magra), 2 (Ideal) e 3 (Gorda).

Imediatamente após o parto, avaliou-se o Escore Visual da Placenta (EVP) e, em seguida, todas as placentas foram pesadas em balança eletrônica portátil tipo gancho (Walmur Veterinary Instruments Ltda) com precisão de 20 g. As placentas foram coletadas em folhas plásticas (100 cm<sup>2</sup>) e inseridas logo abaixo da vulva no início do parto, para evitar que a placenta caísse na fossa.

As placentas foram colocadas em um balde e levadas para um local com boa iluminação, onde foram abertas para observação de fetos mumificados. O escore visual de cores foram baseados no padrão de cores e classificados em números de 1 a 6, reduzindo-se com a cor da placenta (placentas mais escuras receberam grau 1 e placentas mais claras grau 6). O cálculo da Eficiência Placentária (EP) foi realizado dividindo-se o Peso Total da Leitegada ao Nascer (PTLN) pelo Peso Total da Placenta (PTP).

Para avaliar o Intervalo de Desmame-Cio (IDC), as fêmeas foram submetidas à identificação do estro, consistindo na exposição diária ao cachaço, desde o primeiro dia após o desmame até a inseminação de todo o plantel. As características mensuradas para avaliar o desempenho das matrizes foram: Total de Leitões Nascidos por Leitegada (TLNL), Natimortos por Leitegada (NL), Mumificados por Leitegada (ML), Leitões Nascidos Vivos por Leitegada (LNVL), Peso Total da Leitegada ao Nascer (PTLN), Partos Totais (PT) e o Peso ao Nascer dos Leitões (PNL).

O Peso ao Nascer (PN) foi obtido nas primeiras 12 horas após o nascimento utilizando a mesma balança eletrônica portátil descrita anteriormente. O efeito da suplementação na gestação foi avaliado considerando a prolificidade das fêmeas e classificou-se em baixa prolificidade ( $\leq 14$  leitões nascidos vivos) ou alta prolificidade ( $> 14$  leitões nascidos vivos).

Para verificar a uniformidade da leitegada, foi mensurado o comprimento e a circunferência dos leitões nascidos vivos, natimortos e mumificados. O comprimento corporal dos leitões foi medido com uma fita métrica (Circle SA® graduado em 150 mm de 1,5 m), na região dorsal desde a inserção do pescoço (articulação occipital) até a base da cauda, e a circunferência foi mensurada logo abaixo do posterior da escápula, seguindo as regiões dorsal e ventral.

### 2.3 Análise estatística

Todas as características foram testadas quanto à normalidade e homogeneidade para validar a análise de variância (ANOVA). Utilizou-se análise paramétrica por meio da ANOVA e aplicou-se o teste t de Student com nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ), sendo a média  $\pm$  desvio padrão. As características que não atenderam à hipótese foram analisadas pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney como mediana, mínimo e máximo. A uniformidade da leitegada foi analisada pelo teste t de Student e a variância pelo teste F, com nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ). Foram realizadas análises de correlação linear de Pearson e Spearman entre as variáveis para verificar a correlação entre elas. Todas as análises foram realizadas utilizando o software IBM® SPSS® Statistics com nível de significância menor à 5% ( $P < 0,05$ ).

## 3. Resultados

O Escore de Condição Corporal na Cobertura (ECCC) e o Escore de Condição Corporal ao Parto (ECCP), assim como as características de Espessura de Toucinho na Cobertura (ETC) e Espessura de Toucinho ao Parto (ETP) não diferiram entre os grupos ( $P > 0,05$ ) (Tabela 2). A média dos ota de Leitões Nascidos por Leitegada (TLNL), Leitões Nascidos Vivos por Leitegada (LNVL) e os Leitões Natimortos por Leitegada (LNL) foi de 15,33 vs. 15,77, 14,61 vs. 15,20 e 0,61 vs. 0,42 entre os grupos controle e suplementado, respectivamente ( $P > 0,05$ ). Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os Leitões Mumificados por Leitegada (LML) e LNL entre os tratamentos (Tabela 2).

**Tabela 2** Desempenho produtivo e reprodutivo de fêmeas dos grupos controle e suplementadas com Glutamina e Vitamina A.

Características	Controle	Suplementados	P-valor
TLNL	15,33 $\pm$ 3,68	15,77 $\pm$ 3,19	0,579
LNVL	14,61 $\pm$ 3,47	15,20 $\pm$ 3,07	0,425
PTLN	19,15 $\pm$ 3,34	20,16 $\pm$ 3,29	0,203
PTLN + PTNL	20,04 $\pm$ 3,62	20,62 $\pm$ 3,36	0,487
PTLN + PTML	19,17 $\pm$ 3,33	20,22 $\pm$ 3,28	0,187
PTLN + PTNL + PTML	20,08 $\pm$ 3,62	20,68 $\pm$ 3,35	0,470
PNL	1,32 $\pm$ 0,18	1,31 $\pm$ 0,21	0,997
ML	0,11 $\pm$ 0,11	0,14 $\pm$ 0,14	0,766
NL	0,69 $\pm$ 0,76	0,42 $\pm$ 0,65	0,140
MP	0,30 $\pm$ 0,74	0,40 $\pm$ 0,84	0,620
EVP	3,25 $\pm$ 1,31	2,17 $\pm$ 1,22	0,0007*
PTP	4,20 $\pm$ 1,13	4,49 $\pm$ 1,16	0,535

EP	4,77 ± 1,18	4,62 ± 0,79	0,918
IDC	6,42 ± 5,69	5,42 ± 3,64	0,387
ECCC	2,22 ± 0,12	1,91 ± 0,12	0,081
ECCP	2,13 ± 0,12	1,91 ± 0,11	0,189
ETC	12,69 ± 0,46	12,28 ± 0,48	0,508
ETP	14,33 ± 0,81	12,94 ± 0,61	0,209

\* Significant at 5% ( $P \leq 0,05$ ). TLNL = Total de Leitões Nascidos por Leitegada; LNVL = Leitões Nascidos Vivos por Leitegada; PTLN = Peso Total da Leitegada ao Nascer; PTLN + PTNL = Peso Total da Leitegada ao Nascer + Peso Total de Natimortos por Leitegada; PTNL = Peso Total de Natimortos por Leitegada; PTML = Peso Total de Mumificados por Leitegada; PTLN + PTNL + PTML = Peso Total da Leitegada ao Nascer + Peso Total de Natimortos por Leitegada + Peso Total de Mumificados por Leitegada; PNL = Peso ao Nascer dos Leitões; NML = Mumificados por Leitegada; NNL = Natimortos por Leitegada; MP = Mumificados na Placenta; EVP = Escore Visual da Placenta; PTP = Peso Total da Placenta; EP = Eficiência Placentária; IDC = Intervalo Desmame-CIO; ECCC = Escore de Condição Corporal na Cobertura; ECCP = Escore de Condição Corporal ao Parto; ETC = Espessura de Toucinho na Cobertura; ETP = Espessura de Toucinho ao Parto. Análise não paramétrica descrita como média ± erro padrão da média.

A média dos Natimortos por Leitegada (NL) foi maior no grupo controle (0,61) quando comparado ao grupo suplementado (0,42). Entretanto, observou-se frequência de 4% e coeficiente de variação de 123,4% de Peso Total de Natimortos por Leitegada (PTNL) no grupo controle e frequência de 2% e Coeficiente de Variação (CV) de 152,7% no grupo suplementado (Tabela 3).

**Tabela 3** Média, Coeficiente de Variação (CV) e Erro Padrão Médio (EPM) dos grupos controle e suplementado com glutamina e vitamina A durante a gestação.

Características	Média	CV%	SEM <sup>1</sup>	P-valor
Controle				
PNLNV	1,32	19,15	0,18	0,38
TLNL	19,15	17,46 <sup>B</sup>	3,34	0,001
PTLN + PTNL	20,04	18,11	3,62	0,21
NL	0,69	123,24 <sup>A</sup>	0,76	0,0005
Suplementados				
PNLNV	1,31	18,08	0,21	0,38
TLNL	20,16	16,33 <sup>A</sup>	3,29	0,001
PTLN + PTNL	20,62	16,31	3,36	0,21
NL	0,42	152,75 <sup>B</sup>	0,65	0,0005

Valores seguidos por letras maiúsculas A e B nas colunas diferem entre si; <sup>1</sup>SEM é o maior erro padrão encontrado; CV% = Coeficiente de Variação; PNLNV = Peso ao Nascer intra-leitegada dos Leitões Nascidos Vivos; TLNL = Total de Leitões Nascidos por Leitegada; PTLN + PTNL = Peso Total da Leitegada ao Nascer + Peso Total de Natimortos por Leitegada; NL = Natimortos por Leitegada.

O Peso ao Nascer dos Leitões (PNL) foi de 1,31 vs. 1,32 e o Peso Total da Leitegada ao Nascer (PTLN) 19,15 vs. 20,16 nos grupos controle e suplementado não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ). O Coeficiente de Variação (CV) do Peso Total de Nascidos Vivos (TWLB) apresentou diferença significativa entre os grupos controle e suplementado ( $P = 0,0001$ ). Os

Mumificados na Placenta (MP), a Eficiência Placentária (EP) e o Peso da Placenta (PC) não diferiram entre os dois grupos ( $P > 0,05$ ). O Escore Visual da Placenta (EVP) apresentou diferença altamente significativa ( $P = 0,0007$ ) entre os grupos controle e suplementado (Tabela 2).

Não houve efeito do tratamento ou da interação entre os tratamentos e a classe de prolificidade sobre o peso corporal de leitões  $\leq 1000$  g ( $P > 0,05$ ). Observou-se que na classe de baixa prolificidade, houve maior porcentagem de leitões  $\leq 1000$  g no grupo controle em relação ao suplementado, com percentuais de 8,93 vs. 6,94, respectivamente. Na classe de alta prolificidade, o mesmo padrão percentual também foi observado, em que o grupo controle teve 28 % dos leitões  $\leq 1000$  g e o grupo suplementado em 25 %. Em ambas as classes, o grupo que recebeu o suplemento apresentou menor percentual de leitões com peso menor ou igual a 1000 g (Tabela 4).

**Tabela 4** Peso e porcentagem de leitões leves ( $\leq 1000$  g) de acordo com a classificação do tamanho da leitegada e os grupos.

Características	Controle	Suplementados
Baixa prolificidade ( $\leq 14$ leitões nascidos vivos)		
Número de fêmeas	19	13
PMNL	1,45 $\pm$ 0,02	1,52 $\pm$ 0,02
Leitões $\leq 1000$ g (%)	8,93	6,94
Alta prolificidade ( $> 14$ leitões nascidos vivos)		
Número de fêmeas	17	22
PMNL	1.22 $\pm$ 0.01	1.24 $\pm$ 0.01
Leitões $\leq 1000$ g (%)	28	25

Controle = Grupo sem suplementação; Suplementados = Grupo com suplementação de Vitamina A nos dias de gestação D11 a D13 e D26 a D28, Vitamina A + Glutamina nos dias de gestação D34 a D36, e Glutamina nos dias de gestação D54 a D56, D69 a 71 e D99 a D101; PMNL = Peso Médio ao Nascer dos Leitões.

## 4. Discussão

Apesar do Escore de Condição Corporal na cobertura (ECCC) e ao Parto (ECCP), bem como a Espessura de Toucinho na Cobertura (ETC) e Espessura de Toucinho ao Parto (ETP) não diferirem entre os grupos ( $P > 0,05$ ), observou-se que no grupo controle as fêmeas apresentaram maior ETP e perda de ECCC. As fêmeas acumularam mais gordura quando comparadas ao grupo suplementado, sendo que fêmeas mais gordas resultaram em pior estrutura corporal, este fato pode estar relacionado à falta de aminoácidos, como a glutamina.

A fêmea utiliza outros aminoácidos para formar o que está necessitando no momento, resultando assim em perda de ECC, o que pode refletir no Total de Leitões Nascidos por Leitegada (TLNL) como observado neste estudo, de 19,15 vs. 20,16 no grupo controle e suplementado, respectivamente. Considerando que as fêmeas ao final da gestação encontram-se em estado catabólico devido à ingestão limitada de proteínas e ao aumento das necessidades para que esta sustente o crescimento dos tecidos fetais e das glândulas mamárias.

Os resultados deste estudo corroboram com Zhu et al.<sup>(7)</sup>, os quais utilizaram suplementação de glutamina durante o período de 85 dias de gestação até o parto e não encontraram diferenças no número total de leitões nascidos, nascidos vivos e natimortos. Neste estudo, o Total de Leitões Nascidos por Leitegada (TLNL) não diferiu entre os grupos e a menor variabilidade está associada à redução da mortalidade e melhor desempenho até o desmame, não sendo significativa ( $P > 0,05$ ), em contrapartida, o Peso ao Nascer intra-leitegada dos Leitões Nascidos Vivos (PNLNV) foi menor no grupo suplementado.

O Escore Visual da Placenta (EVP) mostrou diferença altamente significativa ( $P < 0,001$ ), indicando que o grupo suplementado apresentou placenta de coloração mais escura, o que pode significar maior vascularização, quando comparado ao grupo controle. A arginina atua como um precursor do óxido nítrico, o qual desempenha um papel importante na dilatação da circulação sistêmica materna, regulação do fluxo sanguíneo uterino e placentário<sup>(8)</sup>.

A partir disso, supõe-se que a suplementação com glutamina nos períodos que compreenderam a gestação média e tardia foi essencial para um menor percentual de leitões com coloração clara e nas classes de baixa e alta prolificidade, uma vez que as fêmeas suplementadas apresentaram menor Escore Visual da Placenta (EVP), ou seja, placentas mais escuras, o que pode significar maior vascularização. Os leitões com essas características apresentam ingestão inadequada de colostro<sup>(9,10)</sup>, o que resulta em baixa aquisição de imunidade passiva e mau estado nutricional, aumentando a incidência de mortes ou desempenho reduzido de leitões em estágios posteriores<sup>(10)</sup>.

Em geral, os estudos com suplementação alimentar, principalmente de aminoácidos durante a gestação, proporcionam uma melhora no desempenho produtivo e reprodutivo de suínos, levando ao reconhecimento dos aminoácidos arginina e glutamina como essenciais para a gestação<sup>(11)</sup>.

## 5. Conclusão

A suplementação de glutamina e vitamina A em períodos considerados críticos para a gestação mostrou-se efetiva neste estudo, em termos de coloração placentária, resultando em placentas mais escuras, o que poderia significar maior vascularização. A inclusão de glutamina e vitamina A influenciou em menos variabilidade em Natimortos por Leitegada (NL) e no Peso ao Nascer intra-leitegada dos Leitões Nascidos Vivos (PNLNV). Embora o tratamento não tenha influenciado o Peso Médio ao Nascer dos Leitões (PMNL), a suplementação reduziu a porcentagem de leitões leves ( $\leq 1000$  g) em fêmeas de alta e baixa prolificidade.

### Declaração de conflito de interesse

Os autores não possuem interesses conflitantes.

### Contribuição dos autores

*Conceituação:* A.L. Bernardes. *Curadoria de dados:* G.S. Vieira e J.S. Soares. *Análise formal:* J.S. Soares e R.C. Antunes. *Metodologia:* J.S. Soares e S.S. Rabelo. *Administração do projeto:* A.L. Eugênio. *Software:* J.S. Soares. *Supervisão:* R.C. Antunes. *Validação:* R.C. Antunes. *Redação (rascunho original):* A.C.R. Cunha. *Redação (revisão & edição):* A.C.R. Cunha.

## Referências

1. Magnabosco D, Bernardi ML, Wentz I, Cunha ECP, Bortolozzo FP. Low birth weight affects lifetime productive performance and longevity of female swine. *Livest Sci.* 2016 Feb;184:119–25. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.12.008>
2. Wang J, Feng C, Liu T, Shi M, Wu G, Bazer FW. Physiological alterations associated with intrauterine growth restriction in fetal pigs: Causes and insights for nutritional optimization. *Mol Reprod Dev.* 2017 Sep;84(9):897–904. <https://doi.org/10.1002/mrd.22842>
3. Kim SW, Weaver AC, Shen YB, Zhao Y. Improving efficiency of sow productivity: Nutrition and health. Vol. 4, *Journal of Animal Science and Biotechnology.* 2013. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-26>
4. Vázquez-Gómez M, García-Contreras C, Astiz S, Torres-Rovira L, Pesantez-Pacheco JL, Heras-Molina A, et al. Effects of L-Glutamine Supplementation during the Gestation of Gilts and Sows on the Offspring Development in a Traditional Swine Breed. *Animals.* 2021 Mar 22;11(3):903. <https://doi.org/10.3390/ani11030903>
5. Crespo D, Assis LHC, van de Kant HJG, de Waard S, Safian D, Lemos MS, et al. Endocrine and local signaling interact to regulate spermatogenesis in zebrafish: Follicle-stimulating hormone, retinoic acid and androgens. *Development.* 2019 Jan 1. <https://doi.org/10.1242/dev.178665>
6. Shastak Y, Pelletier W. Review: Vitamin A supply in swine production: Current science and practical considerations. *Applied Animal Science.* 2023 Oct;39(5):289–305. <https://doi.org/10.15232/aas.2023-02409>
7. Duarte F, Soares J, Antunes R. Avaliação do impacto do peso, da área de superfície e do volume corporal em leitões sobre a capacidade de sobrevivência na fase de maternidade. *Enciclopédia Biosfera.* 2018 Dec 3;15(28):171–9. [https://doi.org/10.18677/encibio\\_2018b15](https://doi.org/10.18677/encibio_2018b15)
8. Osava C. Productive performance of sows. 1. Effect of the type of accommodation in the maternity ward. 2. Effect of amino acid supplementation during pregnancy. [Uberlândia]: Universidade Federal de Uberlândia; 2011.
9. Zhu Y, Wang W, Yuan T, Fu L, Zhou L, Lin G, et al. MicroRNA-29a mediates the impairment of intestinal epithelial integrity induced by intrauterine growth restriction in pig. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology.* 2017 May 1;312(5):G434–42. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00020.2017>
10. Wu G, Bazer FW, Burghardt RC, Johnson GA, Kim SW, Li XL, et al. Impacts of amino acid nutrition on pregnancy outcome in pigs: Mechanisms and implications for swine production. *J Anim Sci.* 2010 Apr 1;88(suppl\_13):E195–204. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2446>
11. National Research Council (NRC). *Nutrient Requirements of Swine.* 3rd ed. Washington, D.C.: National Academy Press; 1998. 31–44 p.
12. Dividich JL, Rooke JA, Herpin P. Nutritional and immunological importance of colostrum for the new-born pig. *J Agric Sci.* 2005 Dec 31;143(6):469–85. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005642>
13. Quesnel H, Farmer C, Devillers N. Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. *Livest Sci.* 2012 Jul;146(2–3):105–14. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.03.010>