



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AMANDA MEDEIROS ARAÚJO DE OLIVEIRA**

**SUPLEMENTAÇÃO DE BETACAROTENO PARA FÊMEAS SUÍNAS:  
PARÂMETROS REPRODUTIVOS E DESEMPENHO PRODUTIVO DOS  
LEITÕES NA MATERNIDADE**

**FORTALEZA**

**2020**

AMANDA MEDEIROS ARAUJO DE OLIVEIRA

SUPLEMENTAÇÃO DE BETACAROTENO PARA FÊMEAS SUÍNAS SOBRE  
PARÂMETROS REPRODUTIVOS E DESEMPENHO PRODUTIVO DOS LEITÕES  
NA MATERNIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de Monogástricos

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- O45s Oliveira, Amanda Medeiros Araujo de.  
Suplementação de betacaroteno para fêmeas suínas sobre parâmetros reprodutivos e desempenho produtivo dos leitões na maternidade / Amanda Medeiros Araujo de Oliveira. – 2020.  
34 f.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2020.  
Orientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe.
1. Betacaroteno. 2. Hiperprolificidade. 3. Vitamina A. I. Título.

CDD 636.08

---

AMANDA MEDEIROS ARAUJO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de Monogástrico

Aprovada em : 26/06/2020

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Germano Augusto Jeronimo do Nascimento

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Lina Raquel Santos Araújo

Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Aos meus amores, Danilo e Álvaro, meu  
coração é de vocês.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe, pela excelente orientação e pela amizade.

Aos professores participantes da banca examinadora, Germano Augusto Jeronimo do Nascimento, Ednardo Rodrigues Freitas e Lina Raquel Santos Araújo, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

À Universidade Federal do Ceará.

Ao Prof. Dr. Jose Nailton Evangelista, por ter me apresentado a suinocultura.

Ao meu diretor técnico, Eduardo Butolo, pela paciência e ensinamentos.

Aos amigos que a suinocultura me proporcionou, Tiago Silva Andrade e Gabriel Gobira, que foram e são fundamentais para o meu desenvolvimento como profissional.

Aos alunos de graduação, Victória, Lucas, Daniel, Julyana e João, por toda ajuda durante o experimento.

Aos funcionários da Granja Regina, em especial ao Alencar, Paulo Barros e Izabel, pelo apoio durante os dias de experimento.

À Empresa DSM, por acreditar neste trabalho fornecendo o produto e suporte técnico.

À empresa Integral Mix, por colaborar doando parte do produto.

À Granja Regina, por ceder espaço para realização deste trabalho.

Ao Deus que nos guia.

À minha mãe, Silvana, e meu avô, Iracildo, por toda preocupação durante as fases mais difíceis do mestrado, tanto durante o experimento como no momento final quando nos encontramos em meio a uma pandemia.

E por último, mas não menos importante, ao amigo, marido, namorado e melhor pai, meu amor Danilo Nogueira, por toda ajuda e incentivo a continuar estudando sempre.

## RESUMO

Foi avaliada a suplementação de betacaroteno para fêmeas suínas de diferentes ordens de parto, sobre parâmetros reprodutivos da fêmea e desempenho dos leitões na fase de maternidade. Os animais foram distribuídos em esquema fatorial 3x4, sendo três níveis de suplementação (B0 - dieta sem suplementação de betacaroteno, B200 – dieta com suplementação de 200 mg de betacaroteno por animal por dia e B400 - dieta com suplementação de 400 mg de betacaroteno por animal por dia) e quatro grupos de ordens de parto. Para a formação dos grupos de ordens de parto, as fêmeas foram divididas entre primeira, segunda, terceira e acima de quarta ordens de parto. O período experimental foi de 196 dias, sendo as fêmeas suplementadas por 30 dias no período pré-parto, 23 dias de lactação, cinco dias de flushing, 115 dias de gestação e 23 dias de lactação. No subsequente período de gestação e lactação, as fêmeas foram agrupadas em segunda, terceira, quarta e acima de quinta ordem de parto. Desta forma, as fêmeas foram avaliadas considerando o período de 53 e 196 dias de suplementação de betacaroteno. Ao fim da primeira lactação foi notado que a suplementação de betacaroteno resultou em efeito sobre o peso da leitegada ao desmame e ganho de peso diário da leitegada. Após o período total de suplementação foi observado maior peso médio de leitão e da leitegada ao nascimento, bem como maior número de leitões desmamados, peso da leitegada ao desmame nas fêmeas suplementadas com 400 mg de betacaroteno. Observou-se também que a suplementação de betacaroteno em 200 e 400 mg para fêmeas resultou em maior peso ao desmame e ganho de peso diário dos leitões, comparado aos leitões de porcas não suplementadas. A suplementação diária de 400 mg de betacaroteno nas fases de pré-parto e lactação proporciona maior peso de leitegada ao desmame e quando suplementado nos períodos de pré-gestação e gestação resulta em maior peso da leitegada ao nascimento e ao desmame.

**Palavras-chave:** Betacaroteno. Hiperprolificidade. Vitamina A.

## ABSTRACT

Beta-carotene supplementation was evaluated in sows of different birth orders, on reproductive parameters and performance of piglets at farrowing. Animals were distributed in a 3x4 factorial arrangement of 3 supplementation levels (B0 - diet without beta-carotene supplementation, B200 - diet supplemented with 200 mg beta-carotene per animal per day and B400 - diet supplemented with 400 mg beta-carotene per animal per day) and 4 groups of parity orders. The experimental period lasted 196 days, with the females supplemented for 30 days in the prepartum period, 23 days of lactation, 5 days of flushing, 115 days of gestation and 23 days of lactation. In the subsequent period of pregnancy and lactation, females were grouped into 2nd, 3rd, 4th and above 5th order of delivery. Thus, females were evaluated considering the period of 53 and 196 days of beta-carotene supplementation. At the end of the first lactation, beta-carotene supplementation resulted in an effect on the litter weight at weaning and daily weight gain of the litter. After the total supplementation period, a higher average weight of piglet and litter weight at birth was observed, as well as a greater number of piglets weaned, litter weight at weaning in sows supplemented with 400mg beta-carotene. Supplementation with 200 and 400 mg beta-carotene for sows resulted in greater weight at weaning and daily weight gain in piglets, compared to piglets from non-supplemented sows. Daily supplementation with 400 mg beta-carotene in the prepartum and lactation phases provides greater litter weight at weaning and when supplemented in the pre-gestation and gestation periods results in greater litter weight at birth and at weaning.

**Keywords:** Beta-carotene. Hyperprolificity. Vitamin A.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição calculada e nutricional das rações experimentais para porcas nas fases de gestação, pré-parto e lactação.....	18
Tabela 2 – Composição centesimal das misturas contendo diferentes níveis de betacaroteno.....	19
Tabela 3 – - Efeitos da suplementação dietética de betacaroteno durante 53 e 196 dias sobre o desempenho reprodutivo de porcas de diferentes ordens de parto.....	23
Tabela 4 – Efeitos da suplementação de betacaroteno durante 53 e 196 dias sobre o desempenho produtivo de porcas de diferentes ordens de parto e suas leitegadas.....	25
Tabela 5 – Composição de colostro e leite aos 14 e 21 dias de lactação de porcas de diferentes ordens de parto suplementadas com betacaroteno durante 53 e 196 dias.....	27

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1	A fêmea suína hiperprolífica.....	10
2.2	Oxidação e mecanismo de defesa ao estresse oxidativo.....	11
2.3	Antioxidantes na alimentação de fêmeas suínas.....	12
2.4	Betacaroteno.....	13
2.4.1	<i>Atividade antioxidante do betacaroteno.....</i>	14
2.4.2	<i>Atividade do betacaroteno na resposta imune.....</i>	15
2.4.3	<i>Betacaroteno e seus efeitos sobre o desempenho reprodutivo.....</i>	15
2.4.4	<i>Ação do betacaroteno na glândula mamária e produção de leite.....</i>	16
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Manejo dos animais.....	19
3.2	Análise estatística.....	21
4	RESULTADOS.....	21
5	CONCLUSÕES.....	28
	REFERÊNCIAS .....	29

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o tamanho médio das leitegadas de porcas tem aumentado significativamente em razão do melhoramento genético, dos avanços relacionados à nutrição e das melhorias aplicadas ao manejo dos animais nas propriedades suínolas. Entretanto, o rápido desenvolvimento fetal durante a gestação e o aumento da demanda de leite durante a lactação resultam em oscilações da condição corporal das fêmeas suínas entre os ciclos reprodutivos (ROSA et al., 2014). Uma das principais implicações do estado catabólico durante a gestação e lactação em fêmeas suínas é o aumento do estresse oxidativo (BERCHIERI- RONCHI et al., 2011), resultante da alta produção de espécies reativas ao oxigênio.

Embora as espécies reativas ao oxigênio sejam produzidas por organismos vivos como resultado do metabolismo celular normal e são importantes marcadores da remodelação dos tecidos (ZHAO et al., 2009), também estão relacionadas a uma série de processos degenerativos, pela propriedade de serem ou gerarem radicais livres, cujo excesso pode causar oxidação de lipídios e proteínas e comprometer a normalidade da função celular endotelial, bem como alterar a formação da placenta e do feto (SCHOLL et al., 2001). Embora o organismo apresente mecanismos de defesa para evitar os danos causados pelos radicais livres, a partir de antioxidantes enzimáticos, a suplementação dietética de compostos com ação antioxidante, como o betacaroteno, tem sido avaliada para porcas com a finalidade de reduzir os impactos negativos causados pelo excesso de radicais livres circulantes (YOUNG et al., 1985). Respostas benéficas na fertilidade foram obtidas quando betacaroteno foi suplementado após o parto (DE ONDARZA et al., 2009), estando relacionado a sua conversão em vitamina A no útero e ovários, sendo um dos possíveis mecanismos de ação sobre a eficiência reprodutiva (CHEW et al., 1982; SCHWEIGERT et al., 2001).

A vitamina A está relacionada com a implantação e o desenvolvimento embrionário (CLAGETT-DAME & DELUCA, 2002) e também está envolvida na expressão gênica de enzimas relacionadas à esteroidogênese nos ovários (WICKENHEISSER et al., 2005). Por outro lado, sendo o precursor da vitamina A, o betacaroteno pode ter ação antioxidante, protegendo componentes celulares de espécies reativas de oxigênio (YOUNG et al., 1985), agindo também na glândula mamária, sendo observada a ação deste aditivo no aumento da produção e de gordura do leite (DE ONDARZA et al., 2009).

Diante exposto, objetivou-se avaliar a suplementação de betacaroteno para fêmeas suínas em diferentes ordens de parto, sobre parâmetros reprodutivos da fêmea e desempenho dos leitões na fase de maternidade.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A fêmea suína hiperprolífica**

O melhoramento genético de suínos tem propiciado o desenvolvimento de uma fêmea cada vez mais produtiva, sendo vista a evolução positiva nos últimos dez anos, com as matrizes atuais mais precoces, registrando maior peso corporal e sendo mais exigentes nutricionalmente. Além disso, as linhagens de fêmeas suínas apresentam menor espessura de toucinho e padrão de consumo de alimento muitas vezes insuficiente para atender a demanda nutricional da fase de lactação, principalmente em condições de estresse térmico, situação comumente encontrada em países tropicais (BETARELLI et al., 2013).

Todo o ciclo reprodutivo das fêmeas suínas é controlado pelo hipotálamo, que estimula a hipófise e que estimula a atividade gonadal, através das gonadotrofinas. Estas, por sua vez, modulam a atividade hipofisária, pela liberação de hormônios esteroides. Embora o funcionamento do ciclo reprodutivo seja regulado somente por hormônios e por fatores endógenos (RAZDAN et al., 2001), ele pode ser influenciado por fatores externos que modulam seu funcionamento (WU et al., 2008). Entre estes fatores estão alguns hormônios e seus metabólitos, cujas liberações estão condicionadas, sobretudo, aos níveis de nutrientes e de energia ingeridos pelos suínos (LAGO, 2003), com influência direta do estresse térmico ao qual as fêmeas podem estar submetidas.

Assim, para alcançar estes objetivos, a alimentação das fêmeas durante a gestação deve ser suficiente para que elas conservem um estado nutricional adequado e que obtenham os nutrientes necessários para assegurar a sobrevivência dos embriões, além de ter maior número de leitões vivos ao parto e maior consumo de alimento durante a lactação (FLORES et al., 2007).

Embora as exigências nutricionais da fêmea suína durante o período gestacional sejam inferiores ao período lactacional, as implicações do incorreto manejo nutricional e alimentar podem resultar no maior catabolismo nessas fases e, conseqüentemente, em leitões de baixa viabilidade, maior proporção de leitões desuniformes, aumento nas perdas embrionárias e nas

dificuldades no parto, além de proporcionar a redução do apetite durante a lactação (LÁZARO et al., 2013). Além disso, os fatores ambientais como a alta temperatura ambiente podem também atuar negativamente na reprodução das fêmeas suínas, podendo afetar a fixação e a sobrevivência dos conceptos, principalmente na fase inicial de gestação, bem como causar diminuição do fluxo sanguíneo uterino, hipertermia maternal, alteração no metabolismo endócrino das fêmeas, maior taxa de retorno ao cio, menor taxa de parição e tamanho de leitegada (BORTOLOZZO et al., 1997).

Nesse sentido, uma das principais implicações do estado catabólico durante a gestação e lactação em fêmeas suínas é o aumento do estresse oxidativo (BERCHIERI-RONCCHI et al., 2010), resultante da alta produção de espécies reativas ao oxigênio (ERO). Considerando que o desempenho reprodutivo, imunidade e longevidade das fêmeas suínas podem ser afetados pelo estresse oxidativo, a nutrição dos animais nessas fases é importante para que o status metabólico dos animais seja favorável para o desenvolvimento embrionário e fetal (PANZARDI et al., 2009), bem como contribuir para o menor catabolismo na fase de lactação.

## **2.2 Oxidação e mecanismos de defesa ao estresse oxidativo**

A formação dos radicais livres é um processo contínuo e fisiológico, que cumpre funções biológicas relevantes. Esses radicais atuam como mediadores para a transferência de elétrons nas várias reações bioquímicas durante os processos metabólicos. Quando a sua produção ocorre em proporções adequadas, possibilita a geração de energia, por meio da cadeia transportadora de elétrons, fertilização do óvulo, ativação de genes e participação de mecanismos de defesa durante o processo de infecção. Por outro lado, a produção excessiva desses radicais livres pode conduzir a danos oxidativos (SHAMI et al., 2004).

O processo de estresse oxidativo é decorrente da existência de um desequilíbrio entre compostos oxidantes e antioxidantes, em favor da geração excessiva de radicais livres. Este processo promove a oxidação de biomoléculas com consequente perda de suas funções biológicas e/ou desequilíbrio homeostático, cuja manifestação é o dano oxidativo contra células e tecidos (HALLIWELL et al., 2004).

O sistema de defesa antioxidante tem como principal função a de inibir ou reduzir danos causados pela ação deletéria dos radicais livres ou das espécies reativas de oxigênio e age impedindo a formação dos radicais livres ou, ainda, favorecendo o reparo e a reconstituição das

estruturas biológicas lesadas (KOURY et al., 2003), a partir de componentes enzimáticos e não enzimáticos.

O sistema de defesa enzimático inclui as enzimas superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase que agem prevenindo, impedindo e controlando a formação de radicais livres e espécies reativas de oxigênio, envolvidos com a ocorrência de danos oxidativos (SCHNEIDER ET AL., 2004).

O sistema de defesa não enzimático inclui os compostos antioxidantes de origem dietética, entre os quais se destacam os minerais, os compostos fenólicos e as vitaminas, além dos aditivos sintéticos com ação antioxidante. Dentre as vitaminas com ação antioxidante destacam-se o ácido ascórbico, além do  $\alpha$ -tocoferol e  $\beta$ -caroteno, precursores das vitaminas E e A, respectivamente (PRASAD et al., 2007).

### **2.3 Antioxidantes na alimentação de fêmeas suínas**

Atualmente em dietas para animais, os compostos antioxidantes são adicionados com a finalidade de inibir ou retardar a oxidação lipídica de óleos e gorduras presente nos alimentos, cujo processo é responsável pelo rancificação nas rações, diminuindo seu consumo, além de também provocar outras alterações que irão afetar não só a qualidade nutricional, pela degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, mas também a integridade e segurança destas, por meio da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (LARA et al., 2011).

Antioxidantes sintéticos, como BHA (hidroxianisol butilado), BHT (hidroxitolueno butilado), são também denominados de antioxidantes primários, e atuam na etapa da iniciação da oxidação lipídica. (NAMIKI, 1990). Estes compostos sintéticos são bastante usados em razão do menor custo e sua eficiente ação (GIESE, 1996). Além de terem ação que previne a oxidação dos nutrientes, principalmente os de natureza lipídica, os antioxidantes sintéticos também podem agir melhorando a estabilidade oxidativa nos tecidos animais (FREITAS et al., 2015).

Entretanto, o uso destes compostos pode apresentar efeitos negativos, pois foi demonstrado que essas substâncias podem causar efeitos adversos em animais, como hemorragia massiva nas cavidades pleurais e peritoneais ou extensa proliferação de células no pulmão, com mudanças bioquímicas, que atuam como agente promotor no desenvolvimento de adenoma (WITSCHI et al., 1978). Por estes motivos e considerando a demanda crescente de

aditivos naturais em detrimento aos sintéticos, pesquisas sobre produtos naturais com atividade antioxidante vêm se intensificando, que permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, diminuindo sua quantidade nos alimentos (SOARES, 2002).

Os principais oxidantes naturais utilizados na alimentação animal são os compostos fenólicos, tocoferóis (vitamina E), o ácido ascórbico (vitamina C), vitamina A e seus precursores. (MELO et al., 2002) A vitamina E é considerada um antioxidante e atua na etapa de propagação e terminação da oxidação lipídica, reage com os radicais livres e/ou sequestra a molécula de oxigênio. O ácido ascórbico e os ácidos cítrico e fítico atuam na oxidação lipídica como agentes quelantes ou sequestrantes e são considerados antioxidantes secundários (OOMAH et al., 1995).

Além dos compostos citados, as pró-vitaminas também apresentam capacidade antioxidante, com destaque para o betacaroteno. que além de agir como um precursor de vitamina A, também apresenta ação supressora dos radicais ativos pelo bloqueio do oxigênio singlet, reduzindo o nível da oxidação (BAILEY et al., 1996). Nesse sentido, a suplementação de betacaroteno para fêmeas suínas em idade reprodutiva pode influenciar a eficiência reprodutiva tanto pela sua conversão em vitamina A no útero e ovários, já que a vitamina A está relacionada com a implantação e o desenvolvimento embrionário e também está envolvida na expressão gênica de enzimas relacionadas a esteroidogênese nos ovários (DE ONDARZA et al., 2009)

## **2.4 Betacaroteno**

Nas últimas décadas houve uma nítida intensificação da pesquisa que envolve carotenoides, tendo em vista que tais compostos têm sido propostos como agentes de ação preventiva às neoplasias, inibidores de úlceras, com destaque ainda para seu efeito antioxidante (BOSCHETTO et al., 2014).

Os carotenoides apresentam a estrutura básica de tetraterpenos formados por oito unidades isoprenoides de cinco carbonos, ligados de tal forma que a molécula é linear e simétrica com a ordem invertida no centro e apresenta sistema de duplas ligações alternadas entre os átomos de carbono (cadeia poliênica). O sistema de duplas ligações conjugadas confere a estes pigmentos alta reatividade química, podendo ser facilmente isomerizados e oxidados (MCDOWELL, 2012).

A síntese industrial de carotenoides produz moléculas puras de betacaroteno em estruturas cristalinas, além de outros compostos como a cantaxantina, a astaxantina, a luteína, os apocarotenoides e a citranaxantina (VALDUGA et al., 2009). O betacaroteno é conhecido como pró-vitamina A, visto que, quando entra no metabolismo, uma parte é transformada em vitamina A e o restante fica retido para futuras necessidades. Atualmente, os carotenoides são obtidos por rota sintética ou por extração a partir de algas e plantas. Ademais, tendo em vista a baixa estabilidade à luz, as etapas de obtenção, manuseio e embalagem requerem cuidados especiais visando reduzir a sua oxidação (TRÊS et al., 2007).

Efeitos positivos da suplementação de betacaroteno na fertilidade foram observados em bovinos, cavalos, coelhos e suínos (BRIEF & CHEW, 1985), embora os resultados em todas as espécies apresentem variabilidade de efeitos (DUNN & MOSS, 1982). Dentre os modos de ação do betacaroteno, além de sua função como precursora da vitamina A, a partir da conversão local deste em metabólitos vitamínicos por meio de clivagem central ou excêntrica, este pode ter uma função independente específica ou atuar como um antioxidante. Os efeitos locais do betacaroteno no tecido alvo periférico, como o ovário, as suprarenais ou o útero, ainda não foram totalmente elucidados (SCHEIGERT, 1998)

#### ***2.4.1 Atividade antioxidante do betacaroteno***

O processo de supressão física do oxigênio singlete é predominantemente realizado em meios biológicos, pelos carotenoides, embora os tocoferóis (vitamina E) também podem desempenhar, em menor escala, essa atividade (SIES et al., 1995).

Assim como a habilidade de suprimir moléculas em estado excitado, os carotenoides podem reagir com os radicais livres. Entretanto, diferentemente da supressão física do oxigênio singlete, em que o carotenoide triplete voltaria ao estado menos excitado eliminando a energia em forma de calor, estas reações com os radicais livres são de transferência de cargas ou de adição de radicais, sendo que os elétrons ou os produtos formados não são perdidos (EDGE et al., 1997).

Em situações de altas pressões de oxigênio (>150 mmHg, 20% O<sub>2</sub>) e também em altas concentrações do próprio composto, os carotenoides podem agir de forma antagônica, como pró-oxidante, ao formar moléculas reativas como os peróxidos (BURTON; INGOLD, 1984; MARTIN et al., 1999). Entretanto, já que a pressão parcial de oxigênio fisiológica em animais



é bem menor que 150 mmHg, foi sugerido que o efeito pró-oxidante, em razão dessa situação, deva ser pequeno (EDGE et al., 1997).

#### ***2.4.2 Atividade do betacaroteno na resposta imune***

Dentre os mecanismos pelos quais os carotenoides regulam a imunidade destaca-se o potencial de regulação da fluidez das membranas, melhorando a comunicação da junção do tipo gap, somada à ação como antioxidante (CHEW; PARK, 2004).

Nesse sentido, o efeito antioxidante é o mecanismo mais amplamente aceito, visto que as células imunes podem sofrer danos por espécies reativas de oxigênio produzidas durante o processo de eliminação dos patógenos. (BENDICH, 1989; CHEW, 1993). Na resposta imune inicial, espécies reativas de oxigênio e outros radicais livres são utilizados pelos linfócitos para combater organismos estranhos. O excesso de pró-oxidantes podem trazer danos às células imunes se o sistema antioxidante do animal estiver debilitado, visto que membranas contêm alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados susceptíveis à peroxidação.

Estes fatores fazem com que o sistema imune durante o período próximo ao parto fique enfraquecido, o que pode ser fator predisponente à ocorrência de enfermidades, como retenção de placenta, metrite e mastite (CASTILLO et al., 2005).

Assim, além do efeito antioxidante, a conversão do betacaroteno em vitamina A e a ação desta sobre a diferenciação das células imunes, aumenta a mitogênese de linfócitos, influenciando a capacidade fagocítica de monócitos e macrófagos também estaria relacionado à ação imune do aditivo (COMBS JR, 2012). De acordo com Anderson e Theron (1990), neutrófilos polimorfonucleares (PMN) incubados com betacaroteno apresentaram maior eficiência bactericida comparados ao grupo de neutrófilos que não receberam betacaroteno, também não foram encontrados danos nas membranas celulares das células tratadas com o carotenoide durante o combate aos microrganismos, causados pelas espécies reativas de oxigênio produzidas durante a explosão respiratória (ANDERSON; THERON, 1990).

#### ***2.4.3 Betacaroteno e seus efeitos sobre o desempenho reprodutivo***

A vitamina A está relacionada com a implantação e o desenvolvimento embrionário (CLAGETT-DAME; DELUCA, 2002) e também está envolvida na expressão gênica de enzimas relacionadas a esteroidogênese nos ovários (WICKENHEISSER et al., 2005). Assim,

o principal efeito do betacaroteno sobre a reprodução estaria também relacionado a sua ação antioxidante, protegendo componentes celulares de espécies reativas de oxigênio (YOUNG et al., 1985).

Além disso, foi sugerido que a vitamina A poderia estimular a síntese e a ativação da enzima de clivagem da cadeia lateral do colesterol (CSCCE) nas células luteais, enzima responsável por um dos passos da produção de progesterona (GANGULY et al., 1981).

Mais tarde, foi comprovado que os retinoides estão relacionados com a ativação de alguns genes relacionados à esteroidogênese, como o CYP11A1 (cytochrome P450 família 11 subfamília A membro 1) responsável pela codificação da enzima CSCCE (WICKENHEISSER et al., 2005). Outro mecanismo sugerido ao betacaroteno em relação à esteroidogênese é o de proteção das células e componentes ovarianos contra as espécies reativas de oxigênio (CHEW et al., 2001).

Schweigert et al. (2002) estudaram o efeito da vitamina A e do betacaroteno dietético no desenvolvimento e na qualidade embrionária de 36 marrãs alocadas submetidas posteriormente por dieta de depleção de betacaroteno por quatro semanas, sendo detectada maior proporção de blastocistos e maior qualidade embrionária no tratamento com betacaroteno em relação aos demais tratamentos, sugerindo o efeito da pró-vitamina sobre melhor desenvolvimento embrionário em porcas.

#### ***2.4.4 Ação do betacaroteno na glândula mamária e produção de leite***

Dentre os principais efeitos da suplementação de betacaroteno sobre a glândula mamária está a resposta imune, evidenciada principalmente em estudos com animais ruminantes. Chew et al. (1982) relacionaram a severidade da mastite com o teor plasmático de betacaroteno em 45 vacas leiteiras, observando decréscimo no teor plasmático de betacaroteno quanto maior foi a severidade da mastite, ou seja, 4,7 µg/mL para o escore 1 do CMT, 4,5 µg/mL para o escore 2 e 3,7 µg/mL para o escore 3. Wang et al. (2013) suplementaram 316 vacas por infusão oral de 5 g de betacaroteno nos dias -23, -12 e 0 relativos ao parto e observaram menor incidência de mastite em primíparas suplementadas (64,0 vs. 52,9%), mas não em múltíparas (45,3 vs. 51,0%).

Observando os efeitos do betacaroteno sobre a produção de leite, Oldham et al. (1991) avaliaram a suplementação de vacas com 300 mg/d de betacaroteno somado a 50.000 UI de vitamina A por dia durante um período de 76 dias antes do parto até 42 dias da lactação e

observaram tendência de aumento em produção de leite das vacas suplementadas com betacaroteno comparadas ao controle (38,1 vs. 35,8 kg/d).

Aréchiga et al. (1998) mostraram que 114 vacas leiteiras multíparas suplementadas com 400 mg/d de betacaroteno dos 15 aos 170 dias pós-parto obtiveram aumento na produção de leite comparado ao controle (8106 vs. 7577 kg).

Os efeitos do betacaroteno estão intimamente relacionados com a sua conversão em vitamina A nos tecidos. O ácido retinoico é um importante regulador da diferenciação celular e desempenha importante papel na remodelação dos tecidos, sendo necessária para a morfogênese das glândulas mamárias. Em células epiteliais mamárias humanas, quando o gene *Raldh1*, que converte retinol em ácido retinóico, foi retirado do DNA, a formação da mamosfera foi significativamente reduzida (MONTESNO et al., 2002).

Pela transferência transplacentária limitada, os recém-nascidos de mamíferos têm baixos estoques de vitamina A, dependendo significativamente do período de lactação para adquirir reservas suficientes e manter crescimento e desenvolvimento adequados (ERICK, 2018). Nesse sentido, a suplementação dietética de betacaroteno pode ter impacto positivo na qualidade do aparelhomamário das fêmeas e no desempenho produtivo da leitegada.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos realizados estão de acordo com o protocolo aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará (CEUA-UFC). O experimento foi realizado em uma unidade produtora de leitões, localizada no distrito de Croatá, município de São Gonçalo do Amarante –CE.

Foram utilizadas 120 matrizes suínas das linhagens Topigs Norsvin do Brasil® TN70, de primeira a quinta ordem de parto, distribuídas em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4, sendo três níveis de suplementação de betacaroteno e quatro grupos de ordem de parto. Os níveis de suplementação de betacaroteno foram:

B0 - dieta sem suplementação de betacaroteno;

B200 - dieta com suplementação de 200 mg de betacaroteno por animal por dia e

B400 - dieta com suplementação de 400 mg de betacaroteno por animal por dia.

Para a formação dos grupos de ordens de parto, as fêmeas foram divididas entre primeira, segunda, terceira e acima de quarta ordens de parto. O período experimental foi de 196 dias, sendo as fêmeas suplementadas por 30 dias no período pré-parto, 23 dias de lactação,

cinco dias de flushing, 115 dias de gestação e 23 dias de lactação. Desta forma, no subsequente período de gestação e lactação, as fêmeas foram agrupadas em segunda, terceira, quarta e acima de quinta ordem de parto. Todos os animais receberam ração e manejo alimentar de acordo com as fases (gestação, pré-parto e lactação). As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais mínimas de acordo com as recomendações contidas no manual da linhagem comercial Topigs Norsvin do Brasil® (TABELA 1).

O início da suplementação ocorreu aos 85 dias de gestação, sendo o betacaroteno fornecido na primeira oferta de ração do dia durante todo o período experimental. Visando garantir a ingestão do betacaroteno, a quantidade ofertada (200 e 400 mg de betacaroteno porca/dia) foi previamente misturada com farinha de trigo e farelo de trigo (TABELA 2) e ofertada no primeiro arraçoamento diário. Durante o período experimental a temperatura foi de 28°C em média e a umidade relativa do ar de 72%.

**Tabela 1-** Composição percentual e nutricional calculada das rações experimentais para porcas nas fases de gestação, pré-parto e lactação

Ingredientes (%)	Fase de gestação	Fase pré-parto	Fase de lactação
Milho	78,510	72,190	54,430
Farelo de soja	16,500	22,900	32,100
Farelo de trigo	-	-	2,000
Fibra sintética <sup>1</sup>	2,000	1,500	0,200
Açúcar	-	-	3,000
Óleo de soja	-	-	3,800
Fosfato bicálcico	1,120	1,200	-
Calcário calcítico	0,700	0,800	-
Sal	0,600	0,600	-
Rovimix Hy-D 250 (25HOD <sub>3</sub> )	0,025	0,025	0,0250
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,125	-
Suplemento mineral <sup>3</sup>	0,100	0,100	-
Núcleo vitamínico-mineral <sup>4</sup>	-	-	4,00
Adsorvente de micotoxinas	0,10	0,10	0,10
DL-metionina	-	0,065	0,047
L-lisina HCl (76%)	0,054	0,086	0,087
L-triptofano (99%)	-	0,007	-
Creamino (96%)	-	0,100	0,100
Cloreto de colina (60%)	0,077	0,081	-
Probiótico <sup>5</sup>	0,109	0,109	0,109
Composição calculada			

Energia metabolizável (kcal/kg)	3250	3260	3450
Proteína bruta (%)	14,01	16,70	19,81
Cálcio (%)	0,78	0,86	0,95
Fósforo disponível (%)	0,44	0,47	0,44
Lisina SID (%)	0,60	0,77	0,97
Metionina+cistina SID (%)	0,42	0,54	0,57
Treonina SID (%)	0,43	0,52	0,63
Triptofano SID (%)	0,13	0,17	0,21
Arginina SID (%)	0,80	1,07	1,31

<sup>1</sup>OptiCell®. <sup>2</sup>Composição por kg do produto: vitamina A (1.500.000 UI/kg), vitamina D (226.667 UI/kg), vitamina E (6.667 UI/kg), vitamina K3 (333,30 mg/kg), vitamina B1 (333,30 mg/kg), vitamina B2 (1.167 mg/kg), vitamina B6 (416,60 mg/kg), vitamina B12 (5.333,30 mg/kg), niacina (6.000 mg/kg), ácido pantotênico (3.333,30 mg/kg), ácido fólico (400 mg/kg), biotina (32 mg/kg). <sup>3</sup>Composição por kg do produto: manganês (8.333,30 mg/kg), zinco (18,33 g/kg), ferro (13,33 g/kg), cobre (2.333,30 mg/kg), iodo (266,70 mg/kg), selênio (100 mg/kg), cromo quelado (100 mg/kg), BHT (250 mg/kg). <sup>4</sup>Composição por kg do produto: ácido fólico (15 mg/kg), ácido pantotênico (400 mg/kg), BHT (100 mg/kg), Biotina (10 mg/kg), Cálcio (200 mg/kg), Cobalto (5 mg/kg), Cobre 1.500 mg/kg, Colina (10 mg/kg), Cromo (5 mg/kg), Ferro (1.750 mg/kg), Fitase (12,50 FTU/kg), Fósforo (82 g/kg), Iodo25 (mg/kg), Lcarnitina (1.261 mg/kg), Manganês (1000 mg/kg), Niacina (750 mg/kg), Selênio (7,5mg/kg), Sódio (48,75g/kg), vitamina A (250.000 UI/kg), vitamina B1 (38 mg/kg), vitamina B12 (500 mcg/kg), vitamina B2 (125 mg/kg), vitamina B6 (25 mg/kg), vitamina D3 (40.000 UI/kg), vitamina E(1500 UI/kg), vitamina K3 (50 mg/kg), zinco (2.500mg/kg). <sup>5</sup>Bacillus subtilis, Bacillus licheniformes, Saccharomyces cerevisiae.

**Tabela 2-** Composição centesimal das misturas contendo diferentes níveis de betacaroteno.

Ingredientes (kg)	B0	B200	B400
Farinha de trigo	40,00	40,00	40,00
Farelo de trigo	60,00	56,00	52,00
Betacaroteno 10% <sup>1</sup>	-	4,00	8,00
Total	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup>Rovimix Betacaroteno 10% (DSM)

### 3.1 Manejo dos animais

Aos 85 dias de gestação iniciou-se a suplementação de betacaroteno às fêmeas gestantes, sendo estas alojadas em gaiolas individuais, recebendo 2,8 kg de ração por dia. Aos 110 dias de gestação, as fêmeas foram transferidas ao galpão de maternidade com celas parideiras individuais contendo comedouros e bebedouros para matrizes e leitões, além de abrigo escamoteador com fonte de calor e sistema de resfriamento para a fêmea.,

Na fase de lactação o manejo alimentar foi realizado a partir do fornecimento da ração em cinco vezes ao dia, sendo o primeiro às 06h00, o segundo às 08h00, o terceiro às 10h00, o quarto às 14h00 e o último às 21h00, sendo as quantidades e as sobras pesadas diariamente.

As fêmeas foram acompanhadas durante o parto de forma que após o encerramento da parição foi registrado o número total de leitões, o número de natimortos, o número de mumificados,

mortos ao nascer e nascidos vivos. Ao nascerem, os leitões foram secados com pó secante e foi feita a amarração e corte do cordão umbilical com posterior desinfecção com solução de iodo a 10%. Logo após, foram colocados junto à fêmea para ingestão do colostro. Os leitões vivos foram identificados individualmente com brincos e pesados ao nascimento e ao desmame. A uniformização das leitegadas foi realizada entre leitões de fêmeas de mesmo tratamento até o terceiro dia de vida dos leitões, de forma a manter 13 a 14 leitões por porca. O manejo alimentar na lactação consistiu no fornecimento de 2 kg de ração no primeiro dia após o parto, com acréscimo de 1 kg de ração ao dia até atingir 7 kg de ração no sexto dia pós-parto. A partir do sétimo dia pós-parto foi ofertada ração considerando 2 kg por fêmea e 0,5 kg por leitão lactente na fêmea, mantendo-se constante até o desmame. No segundo dia de vida dos leitões foi realizado o manejo de desgaste dos dentes com pedra porosa rotativa e o corte do terço final da cauda com termocauterizador; no terceiro dia foi fornecido coccidiostático por via oral e 200 mg de ferro dextrano via intramuscular. A castração dos machos foi realizada no sétimo dia após o nascimento. Os leitões receberam ração pré-inicial do sétimo dia de vida até o desmame.

Foram coletadas amostras de colostro no dia do parto e leite aos 14 e 21 dias após o parto, sendo usados 10 UI de ocitocina injetável, na veia auricular. Foram colhidos, aproximadamente, 100 mL de leite, durante a ordenha manual das tetas funcionais de cada fêmea sendo homogeneizado e armazenado à temperatura de -20°C para análises subsequentes. Foram analisadas as concentrações de proteína total, bem como a composição do leite quanto aos teores de sólidos totais, extrato seco, proteína, gordura, lactose, condutividade e densidade por meio do aparelho Lactoscan-Milk Analyzer, MILKOTRONIC LTDA.

Após 24 dias de lactação, os leitões foram desmamados, as fêmeas foram novamente pesadas. Foi estimada a perda de composição corporal das porcas a partir do peso vivo vazio (PVV, kg) ao parto e ao desmame, de acordo com as equações de Dourmad et al (1997).

A estimativa da produção média diária de leite foi baseada no ganho de peso da leitegada (GPD), número de leitões da leitegada e teor de matéria seca do leite, de acordo com a equação de Noblet e Etienne (1986).

Após o desmame, as fêmeas foram transferidas ao galpão de maternidade e, a partir da identificação do cio, novamente inseminadas. Durante a gestação, as fêmeas receberam 1,7 kg de ração e no período de pré-parto foram fornecidos 2,8 kg de ração até a transferência para maternidade.

### 3.2 Análise estatística

Para a análise estatística, consideraram-se os dados das fêmeas e leitegadas de primeira, segunda, terceira e acima de quarta ordens de parto a partir da suplementação de betacaroteno por 53 dias e segunda, terceira, quarta e acima de quinta<sup>a</sup> ordem de parto para as fêmeas suplementadas por 196 dias. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento General Linear Models (GLM) do Statistical Analysis System (SAS University Edition) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## 4 RESULTADOS

A suplementação de betacaroteno foi realizada a partir do final da gestação de cada fêmea em suas respectivas ordens de parto. Desta forma, no total foram acompanhados dois partos de cada fêmea, de forma a verificar a suplementação de betacaroteno sobre dois períodos lactacionais (53 e 191 dias de suplementação).

Durante a primeira lactação, uma fêmea de primeira ordem de parto que recebeu 200 mg de betacaroteno e uma fêmea de segunda ordem de parto não suplementada foram retiradas do ensaio por problemas reprodutivos. Durante a segunda gestação, uma fêmea de quinta ordem de parto suplementada com 200 mg de betacaroteno foi retirada do ensaio pela repetição de cio.

Considerando que o fornecimento de betacaroteno foi iniciado no período final de gestação, observou-se que a suplementação dietética de betacaroteno durante o período de pré-parto não resultou em efeito sobre os parâmetros reprodutivos, sendo observado apenas efeito das ordens de parto sobre número de leitões nascidos totais, número de leitões nascidos vivos, peso da leitegada e peso médio do leitão ao nascimento (TABELA 3). Já suplementação de 400 mg de betacaroteno para porcas durante o período maior de 136 dias resultou em maior peso da leitegada ao nascimento, em relação às suplementadas com 200 mg e as não suplementadas,

para o peso médio do leitão ao nascimento, nas fêmeas suplementadas durante 196 dias observou-se também maiores valores para as fêmeas suplementadas com 400 mg de betacaroteno em relação às porcas não suplementadas, embora não tenha diferido daquelas que receberam 200 mg do aditivo. A diferença observada de 2,93 kg entre as leitegadas de fêmeas suplementadas com 400 mg em relação às não suplementadas, corrobora com os resultados obtidos por Soares (2017) que notaram aumento no peso de 2,33 kg na leitegada de fêmeas com suplementação parenteral de 180 mg de betacaroteno quando comparado às fêmeas não

suplementadas. Em estudos anteriores, Coffey & Britt (1993) avaliaram a administração intramuscular de 200 mg de betacaroteno para fêmeas no período lactacional e encontraram diferença de apenas 0,80 kg.

Krammer & Arurich (2010) observaram que a aplicação de 70 mg de betacaroteno intramuscular no dia do desmame e depois da última inseminação, para porcas de segunda ordem de parto apresentaram maior número de leitões nascidos vivos, afirmando que o fornecimento ao início da gestação seria independente do seu papel como precursor de vitamina A. Nesse sentido, a suplementação dietética de betacaroteno a partir da lactação anterior resultou em aumento numérico no número de leitões nascidos vivos, o que seria um indicativo de seu efeito positivo sobre a viabilidade embrionária em porcas já que o crescimento folicular avança de acordo com a progressão da lactação (COX, 1997), o que pode definir o intervalo desmame-estro. A duração do intervalo desmame-estro está associada com mudanças plasmáticas nos níveis de gonadotrofinas, esteroides, inibina, leptina, IGF-1 e insulina. Nesse sentido, Madej et al. (2009) afirmaram que o estímulo do betacaroteno em reduzir o nível de cortisol poderia estar relacionado à ação positiva do aditivo sobre a secreção de LH e a função ovariana, visto que altas concentrações de cortisol promovem um meio oviducal inapropriado para maturação folicular pela alta concentração de radicais livres que podem vir a provocar apoptose e morte em vários tipos celulares (LIU et al., 2003), além de anomalias na fertilização e no desenvolvimento embrionário pré e pós-implantação (NAVARRO et al., 2006)



**Tabela 3** - Efeitos da suplementação dietética de betacaroteno durante 53 e 196 dias sobre o desempenho reprodutivo de porcas de diferentes ordens de parto.

Variáveis	Suplementação de betacaroteno (B)							CV %	Valor de P		
	0			Ordens de parto (OP)					B	OP	BxOP
53 dias de suplementação											
LNT	15,67	15,13	15,37	15,21ab	14,10b	16,60a	15,66ab	15,84	0,6055	0,0016	0,8993
LNV	14,62	14,67	14,40	14,24ab	13,53b	15,77a	14,70ab	17,53	0,8838	0,0094	0,6529
LM	0,19	0,11	0,14	0,11	0,19	0,11	0,18	29,25	0,4953	0,6705	0,3972
LN	1,00	0,47	0,75	0,93	0,57	0,83	0,65	21,22	0,0728	0,4345	0,5641
PLN (kg)	19,82	20,30	20,40	18,62b	19,98ab	21,35a	20,67ab	17,56	0,7415	0,0288	0,2498
PMLN (kg)	1,36	1,40	1,44	1,31b	1,49a	1,37ab	1,43ab	16,41	0,3046	0,0131	0,4828
1 6 dias de suplementação											
53 dias de suplementação											
LNT	15,00	15,02	15,49	14,57	16,03	15,37	14,70	19,95	0,5510	0,4059	0,2164
LNV	13,65	13,81	14,50	13,67	14,68	14,17	13,43	22,41	0,5309	0,5965	0,2598
LM	0,23	0,14	0,12	0,17	0,12	0,16	0,22	26,18	0,6118	0,8863	0,4702
LN	0,73	0,55	0,83	0,81	0,79	0,71	0,76	23,25	0,2180	0,6656	0,6292
PLN (kg)	19,17B	19,39B	22,10A	19,39	21,28	21,26	18,96	20,28	0,0427	0,3989	0,5562
PMLN (kg)	1,41B	1,44AB	1,55A	1,44	1,50	1,51	1,42	14,74	0,0162	0,7303	0,1647

LNT: leitões nascidos totais; LNV: leitões nascidos vivos; LM: leitões mumificados; LN: leitões natimortos; PLN: peso da leitegada ao nascimento; PMLN: peso médio do leitão ao nascer Letras iguais indicam que não há diferença significativa, letras diferentes indicam que há diferença significativa

Quanto ao desempenho produtivo, observou-se que a suplementação de betacaroteno para fêmeas em período de lactação resultou em efeito sobre o peso da leitegada ao desmame e ganho de peso diário da leitegada, com maiores valores observados para os leitões de porcas suplementadas com 400 mg de betacaroteno em relação àquelas que não receberam betacaroteno, não diferindo daquelas que receberam suplementação de 200 mg do aditivo (TABELA 4).

Foram observados efeitos das diferentes ordens de parto sobre peso da fêmea ao parto, peso da fêmea ao desmame, pesos da leitegada e do leitão ao desmame, ganho de peso da leitegada e ganho de peso diário do leitão, o que poderia estar relacionado com o efeito sobre o aumento do peso da leitegada ao desmame.

Assim como observado a partir da suplementação dietética de betacaroteno no período do pré-parto até o final da lactação (53 dias), o maior período de fornecimento do aditivo (196 dias) também resultou em maior peso da leitegada ao desmame e ganho de peso diário do leitão, sendo observado também maior peso do leitão ao desmame e maior ganho de peso da leitegada de porcas suplementadas com 200 e 400 mg de betacaroteno em relação às não suplementadas. Além disso, a suplementação com 400 mg de betacaroteno para porcas resultou em maior número de leitões desmamados quando comparado a porcas que não receberam betacaroteno.

Considerando a suplementação com betacaroteno, o maior peso do leitão ao desmame pode ser atribuído ao maior volume de leite produzido e fatores relacionados à qualidade intestinal dos leitões que ingeriram leite das fêmeas suplementadas, corroborando com Li et al. (2019) que, ao avaliarem a suplementação oral de 40 mg e 80 mg de betacaroteno por meio de gavagem em leitões lactentes, observaram melhor qualidade intestinal nos animais tratados, com menor lesão oxidativa, menos inflamação e menor índice de apoptose de enterócitos. E esses fatores podem ter contribuído para o melhor resultado pois os leitões lactentes de fêmeas que receberam a suplementação poderiam estar ingerindo maior concentração de betacaroteno presente no leite.

**Tabela 4** - Efeitos da suplementação de betacaroteno durante 53 e 196 dias sobre o desempenho produtivo de porcas de diferentes ordens de parto e suas leitegadas.

Variáveis	Suplementação de betacaroteno (B)			Ordens de parto (OP)				CV(%)	Valor de P		
	0	200 mg	400 mg	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	Acima de 4 <sup>a</sup>		B	OP	BxOP
	53 dias de suplementação										
PFP (kg)	244,24	245,48	244,39	217,51 <sup>c</sup>	237,03 <sup>b</sup>	260,89 <sup>a</sup>	262,46 <sup>a</sup>	7,32	0,9906	0,0001	0,4502
PFD (kg)	202,70	202,39	203,29	168,29 <sup>c</sup>	198,31 <sup>b</sup>	217,59 <sup>a</sup>	225,84 <sup>a</sup>	8,61	0,8973	0,0001	0,4931
LD	12,35	12,67	12,90	12,14	12,57	13,03	12,80	10,10	0,1597	0,0581	0,2938
PLD	66,80 <sup>B</sup>	71,64 <sup>AB</sup>	72,59 <sup>A</sup>	61,86 <sup>b</sup>	70,37 <sup>a</sup>	76,54 <sup>a</sup>	72,28 <sup>a</sup>	14,09	0,0245	0,0001	0,7378
PMLD	5,58	5,71	5,66	5,22 <sup>b</sup>	5,83 <sup>a</sup>	5,86 <sup>a</sup>	5,68 <sup>ab</sup>	12,61	0,7492	0,0028	0,7408
GPDL (kg)	2,28 <sup>B</sup>	2,49 <sup>AB</sup>	2,52 <sup>A</sup>	2,10 <sup>b</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>	2,48 <sup>a</sup>	18,56	0,0444	0,0002	0,7180
GPD (kg)	0,19	0,20	0,20	0,17 <sup>b</sup>	0,20 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,20 <sup>a</sup>	16,45	0,5103	0,0005	0,4010
DL	23,22	22,67	22,62	22,65	23,17	22,93	22,60	8,48	0,3048	0,6457	0,6793
CRDP (kg)	5,83	5,63	5,57	5,99	5,66	5,50	5,59	13,75	0,3101	0,0876	0,5797
PL (kg)	11,09 <sup>C</sup>	12,45 <sup>B</sup>	12,57 <sup>A</sup>	10,04	12,20	13,47	12,36	11,35	0,0188	0,0536	0,3599
	136 dias de suplementação										
	0	200 mg	400 mg	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	Acima de 5 <sup>a</sup>	CV(%)	Valor de P		
									B	OP	BxOP
PFP (kg)	271,10	263,13	268,79	240,26 <sup>b</sup>	271,67 <sup>a</sup>	279,31 <sup>a</sup>	280,20 <sup>a</sup>	6,65	0,0524	0,0001	0,2889
PFD (kg)	226,07	221,46	227,24	201,20 <sup>b</sup>	230,23 <sup>a</sup>	229,77 <sup>a</sup>	239,34 <sup>a</sup>	9,59	0,4724	0,0001	0,0539
LD	11,31 <sup>B</sup>	12,25 <sup>AB</sup>	12,56 <sup>A</sup>	12,00	12,79	11,50	11,83	14,67	0,0340	0,1136	0,8787
PLD	55,90 <sup>C</sup>	66,06 <sup>B</sup>	71,71 <sup>A</sup>	58,97	72,38	65,11	61,59	22,12	0,0017	0,0628	0,4303
PMLD	5,00 <sup>B</sup>	5,72 <sup>A</sup>	5,67 <sup>A</sup>	5,24	5,73	5,52	5,34	16,94	0,0150	0,4793	0,2594
GPDL (kg)	1,76 <sup>B</sup>	2,31 <sup>A</sup>	2,46 <sup>A</sup>	2,11	2,42	2,13	2,03	17,19	0,0063	0,1640	0,2669
GPD (kg)	0,17 <sup>B</sup>	0,19 <sup>A</sup>	0,20 <sup>A</sup>	0,18	0,19	0,19	0,18	28,82	0,0006	0,1854	0,7360
DL	22,81	23,58	23,79	22,75	23,71	22,83	23,48	10,83	0,5629	0,7581	0,3654
CRDP (kg)	5,30 <sup>B</sup>	5,89 <sup>AB</sup>	6,17 <sup>A</sup>	10,22	12,15	10,31	9,73	12,36	0,0412	0,3596	0,2678
PL (kg)	8,64 <sup>B</sup>	11,37 <sup>A</sup>	11,92 <sup>A</sup>	10,26	12,19	10,51	9,64	33,37	0,0009	0,1111	0,9576

PFP: peso da fêmea ao parto; PFD: peso da fêmea ao desmame; LD: leitões desmamados; PLD: peso da leitegada ao desmame; PMLD: peso médio do leitão ao desmame; GPDL: ganho de peso diário da leitegada; GPD: ganho de peso diário; DL: dias de lactação; CRDP: consumo de ração diário por porca (kg); PL: produção de leite. Letras iguais indicam que não há diferença significativa, letras diferentes indicam que há diferença significativa

Quanto ao colostro, não foi encontrado efeito da suplementação de betacaroteno sobre a composição deste (TABELA 5). Entretanto, aos 21 dias de lactação, durante o período de 196 dias, observou-se maior teor de sólidos totais no leite das fêmeas suplementadas com 200 e 400 mg de betacaroteno. Nesse sentido, o maior número de leitões desmamados bem como o maior peso dos leitões ao desmame a partir da suplementação de betacaroteno pode ser atribuído ao maior teor de sólidos e produção. Segundo Wang et al (2013), a saúde da glândula mamária devido à ação na resposta imune gerada nas células secretoras de leite de animais suplementados com betacaroteno, age diminuindo a incidência de patologias sintomáticas e assintomáticas que poderiam vir a diminuir a produção de leite, bem como ao efeito protetor do betacaroteno contra apoptose gerada nas células intestinais submetidas a altos níveis de radicais livres segundo Li et al (2019).

**Tabela 5** – Composição de colostro e leite aos 14 e 21 dias de lactação de porcas de diferentes ordens de parto suplementadas com betacaroteno durante 53 e 196 dias

Variáveis	Suplementação de betacaroteno (B)			Ordens de parto (OP)				CV(%)	Valor de P		
	0	200 mg	400 mg	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	Acima de 4 <sup>a</sup>		B	OP	BxOP
Colostro - 53 dias											
Sólidos	25,02	25,55	25,78	26,49 <sup>a</sup>	26,45 <sup>a</sup>	24,95 <sup>b</sup>	24,24 <sup>b</sup>	11,35	0,5540	0,0259	0,9996
Gordura	7,24	8,18	8,86	9,29 <sup>a</sup>	8,58 <sup>ab</sup>	8,62 <sup>ab</sup>	7,53 <sup>b</sup>	30,12	0,8366	0,0256	0,9640
Proteína	16,20	16,16	16,34	16,65 <sup>a</sup>	16,72 <sup>a</sup>	16,00 <sup>ab</sup>	15,28 <sup>b</sup>	9,95	0,5252	0,0444	0,9964
Lactose	2,10	2,12	2,10	2,08	2,14	2,15	2,03	14,18	0,6513	0,8587	0,5838
Leite aos 14 dias de lactação - 53 dias											
Sólidos	21,13	23,80	22,80	24,53 <sup>a</sup>	22,78 <sup>ab</sup>	22,61 <sup>ab</sup>	20,24 <sup>b</sup>	15,36	0,1003	0,0082	0,0723
Gordura	8,41	8,58	9,15	8,46 <sup>a</sup>	7,59 <sup>b</sup>	8,76 <sup>b</sup>	8,07 <sup>b</sup>	24,98	0,2133	0,0193	0,0469
Proteína	4,83 <sup>b</sup>	5,33	5,23	5,57 <sup>a</sup>	5,07 <sup>ab</sup>	5,23 <sup>ab</sup>	4,65 <sup>b</sup>	12,01	0,1399	0,0019	0,1109
Lactose	4,85	5,02	4,97	5,16 <sup>a</sup>	4,99 <sup>ab</sup>	5,10 <sup>ab</sup>	4,45 <sup>b</sup>	5,78	0,2212	0,0011	0,1113
Leite aos 21 dias de lactação - 53 dias											
Sólidos	18,79	18,89	18,67	17,67	19,25	18,22	20,24	17,88	0,9119	0,5511	0,4117
Gordura	6,33	6,37	6,43	6,44	5,76	6,16	7,35	17,26	0,7251	0,0882	0,2410
Proteína	5,63	5,58	5,66	5,58	5,54	5,46	6,00	16,49	0,9514	0,8313	0,5567
Lactose	5,53	5,40	5,51	5,68	5,44	5,34	5,43	13,27	0,9018	0,6286	0,0685
Colostro - 196 dias											
Sólidos	25,67	25,63	27,74	28,50 <sup>a</sup>	27,29 <sup>ab</sup>	26,25 <sup>ab</sup>	23,17 <sup>b</sup>	15,26	0,4973	0,0453	0,9483
Gordura	7,21	7,9	7,97	7,34	8,16	8,25	7,26	25,99	0,8502	0,9485	0,4625
Proteína	16,47	16,902	17,685	18,36	15,01	18,71	15,17	19,12	0,6667	0,1600	0,9434
Lactose	2,54	2,52	2,57	3,42	1,42	2,74	2,03	15,98	0,9509	0,4309	0,9329
Leite aos 14 dias de lactação - 196 dias											
Sólidos	20,86	20,65	21,59	23,01	21,38	18,95	20,32	19,17	0,7941	0,2942	0,9955
Gordura	8,2	8,92	8,9	8,82	7,52	9,44	8,52	21,12	0,7783	0,3113	0,8777
Proteína	6,54	6,5	6,44	6,9	6,9	5,82	6,18	20,20	0,9979	0,3887	0,9902
Lactose	4,93	5,26	5,05	5,08	5,41	4,74	5,03	12,96	0,3812	0,3928	0,5061
Leite aos 21 dias de lactação - 196 dias											
Sólidos	15,78 <sup>B</sup>	18,30 <sup>A</sup>	19,66 <sup>A</sup>	19,19	16,20	17,78	17,65	17,27	0,0298	0,3982	0,3523
Gordura	6,53	7,05	6,89	6,40	6,67	7,23	7,02	31,36	0,7334	0,8101	0,7603
Proteína	5,33	5,78	5,90	5,66	5,80	5,58	5,64	20,96	0,5267	0,8839	0,5952
Lactose	4,94	5,63	5,15	5,25	5,57	4,52	5,37	27,78	0,7829	0,4668	0,7179

Letras iguais indicam que não há diferença significativa, letras diferentes indicam que há diferença significativa

## **5 CONCLUSÕES**

A suplementação de betacaroteno durante o pré-parto e lactação proporciona maior peso de leitegada ao desmame. Fêmeas suínas suplementadas com 400 mg de betacaroteno durante o período de lactação, flushing, gestação e lactação obtiveram maior peso da leitegada ao nascimento e desmame, além de maior peso médio dos leitões ao desmame.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R.; THERON, A. J. Physiological potential of ascorbate,  $\beta$ - carotene and  $\alpha$ -tocopherol individually and in combination in the prevention of tissue damage, carcinogenesis and immune dysfunction mediated by phagocyte- derived reactive oxidants. **World Review of Nutrition and Dietetics**, Basel, Karger, v. 62, p. 27-58, 1990.
- ARÉCHIGA, C. F.; STAPLES, C. R.; MCDOWELL, L. R.; HANSEN, P. J. Effects of Timed Insemination and Supplemental  $\beta$ - Carotene on Reproduction and Milk Yield of Dairy Cows Under Heat Stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 390-402, fev. 1998.
- BAILEY, A. E. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, 5. ed., John Wiley: New York, v. 3, p. 19, 1996.
- BENDICH, A.; SHAPIRO, S. S. Effect of beta-carotene and canthaxanthin on the immune responses of the rat. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, EUA, v. 116, n. 11, p. 2254-2262, jun. 1986.
- BERCHIERI-RONCHI, C. B. Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation. **Animal**. Cambridge: Cambridge Univ Press, v. 5, n. 11, p. 1774-1779, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/11597>. Acesso em: 08 jun. 2020
- BETARELLI, R. P. **Estudo da vascularização uterina em principiaras suínas e sua relação com o desenvolvimento fetal e placentário**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Curso de Veterinária, Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- BOSCHETTO, D. L.; ARANHA, E. M.; SOUZA, A. A. U.; SOUZA, S. M. A. G. U.; FERREIRA, S. R. S.; PRIAMO, W. L.; OLIVEIRA, J. V. Encapsulation of bixinin PHBV using SEDS technique and in vitro release evaluation. **Industrial Crops and Products**, v. 60, p. 22–29, 2014.
- BORTOLOZZO, F. P.; WENTZ, I.; BRANDT, G.; NOBRE JÚNIOR, A. Influência da temperatura corporal sobre a eficiência reprodutiva em fêmeas suínas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 8., 1997, Foz do Iguaçu, PR. **Anais [...]**. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1997. p. 281-282.
- BURTON, G. W.; INGOLD, K. U. Beta-carotene: an unusual type of lipid antioxidant. **Science**, Washington DC, v. 224, n. 4649, p. 569-573, mai. 1984.
- BRIEF, S.; CHEW, B. P. Effects of vitamin A and  $\beta$ -carotene on reproductive performance in gilts, **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, p. 998–1004, 1985.
- CASTILLO, C.; HERNANDEZ, J.; BRAVO, A.; LOPEZ-ALONSO, M.; PEREIRA, V.; BENEDITO, J. L. Oxidative status during late pregnancy and early lactation in dairy cows. **The Veterinary Journal**, EUA, v. 169, n. 2, p. 286-292, mar. 2005.

CHAWLA, R.; KAUR, H. Plasma antioxidant vitamin status of periparturient cows supplemented with  $\alpha$ -tocopherol and  $\beta$ -carotene. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 114, n. 1, p. 279-285, mai. 2004.

CHEW, B. P.; RASMUSSEN, M. H.; PUBOLS, R. L. P. Effects of vitamin A and  $\beta$ -carotene on plasma progesterone and uterine protein secretions in gilts. **Theriogenology**, v. 18, n. 6, p. 643-654, dez. 1982.

CHEW, B. P.; WENG, B. B.; KIM, H. W.; WONG, T. S.; PARK, J. S.; LEPINE, A. J. Uptake of  $\beta$ -carotene by ovarian and uterine tissues and effects on steroidogenesis during the estrous cycle in cats. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 62, n. 7, p. 1063-1067, jul. 2001.

CHEW, B. P.; PARK, J. Carotenoid action on the immune response. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 134, n. 1, p. 257S-261S, jan. 2004.

CLAGETT-DAME, M.; DELUCA, H. F. The role of vitamin A in mammalian reproduction and embryonic development. **Annual review of nutrition**, Palo Alto, v. 22, n. 1, p. 347-381, jul. 2002.

CLOSE, W. H.; COLE, D. J. A. Practical feeding strategies. *In*: CLOSE, W.H.; COLE, D.J.A. (ed.) **Nutrition of sows and boars**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 293-331.

COMBS JUNIOR, G. F. **The vitamins**. Academic press, v. 2, p. 124, 2012

COFFEY, M. T., BRITT, J. H. Enhancement of sow reproductive performance by  $\beta$ -carotene or vitamin A. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 1198-1202, 1993.

COX, N. M. Control of follicular development and ovulation rate in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility Supplement**, EUA, v. 52, p. 31-46, 1997.

DAS, N. P.; PEREIRA, T. A. Effects of flavonoids on thermal autooxidation of palm oil: structure-activity relationships. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 67, n. 4, p. 255-258, 1990.

DE BRAGANÇA, M. M.; PRUNIER, A. Effects of low feed intake and hot environment on plasma profiles of glucose, nonesterified fatty acids, insulin, glucagon, and IGF-I in lactating sows. **Domestic animal endocrinology**, Nova York, v. 16, n. 2, p. 89-101, 1999.

DE ONDARZA, M. B.; WILSON, J. W.; ENGSTROM, M. Case study: Effect of supplemental  $\beta$ -carotene on yield of milk and milk components and on reproduction of dairy cows. **The Professional Animal Scientist**, EUA, v. 25, n. 4, p. 510-516, ago. 2009.

DE, W.; AI-RONG, Z.; YAN, L.; SHENG-YU, X.; HAI-YAN, G.; YONG, Z. Effect of feeding allowance level on embryonic survival, IGF-1, insulin, GH, leptin and progesterone secretion in early pregnancy gilts. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, United Kingdom, v. 92, p. 107-111, 2008.

DUNN, T. G.; MOSS, G. E. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 5, p. 1580-1583, mai. 1992.



EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G. The carotenoids as anti-oxidants—a review. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, Lausanne, v. 41, n. 3, p. 189-200, dec. 1997.

FIX, J. S.; CASSADY, J. P.; HOLL, J. W.; HERRING, W. O.; CULBERTSON, M. S.; SEE, M. T. Effect of piglet birth weight on survival and quality of commercial market swine. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 132, n. 1-3, p. 98–106, ago. 2010.

FLORES, J. A. R.; IBARGUENGOYTIA J. A. C.; MEJÍA-GUADARRAMA, C. A. Manejo y alimentación de la cerda en lactación. In: MEJÍA-GUADARRAMA, C. A.; IBARGUENGOYTIA, J. A. C.; FLORES, J. A. R.; VARELA, D. B.; LANDIN, G. M.; ROSALES, S. G. (ed.). **Alimentación del trato reproductor porcino**. Coyoacán: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2007, p. 91-117.

FREITAS, E. R.; BORGES, A. S.; PEREIRA, A. L. F.; ABREU, V. K. G.; TREVISAN, M. T. S.; WATANABE, P. H. Effect of dietary ethanol extracts of mango (*Mangifera indica* L.) on lipid oxidation and the color of chicken meat during frozen storage. **Poultry Science**, Savoy, v. 94, n. 12, p. 2989–2995, 2015.

GANGULY, J.; RAO, M. R. S.; MURTHY, S. K.; SARADA, K. Systemic mode of action of vitamin A. **Vitamin and Hormones**, v. 38, p. 1-54, 1981.

GIBSON, G. E.; HUAN, H. M. Mitochondrial enzymes and endoplasmic reticulum calcium stores as targets of oxidative stress in neurodegenerative diseases. **Journal of Bioenergetics and Biomembranes**, v. 36, p. 335-340, 2004.

GIESE, J. Antioxidants: tools for preventing lipid oxidation. **Food Technology**, Chicago, v. 50, n. 1, p. 73-81, 1996.

GOURDINE, J. L.; BIDANEL, J. P.; NOBLET, J.; RENAUDEAU, D. Effects of breed and season on performance of lactating sows in a tropical humid climate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 2, p. 360-369, 2006.

HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**, v. 142, n. 2, p. 231-255, 2004.

KRAMMER, G.; AURICH, J. Effect of intramuscularly administered beta-carotene on reproductive performance in sows. **Berl Munch Tierarztl Wochenschr**, Bethesda, v. 123, n. 11-12, p. 496-499, dez. 2010.

KOURY, J. C.; DONANGELO, C. M. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 4, dez. 2003.

LAGO, V. **Estudo dos efeitos combinados de gonadotrofinas e flushing em marrãs à primeira puberdade**. 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

LARA, M. S.; GUTIERREZ, J. I.; TIMÓN, M.; ANDRÉS, A. I. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. **Meat Science**, Oxford, v. 88, p. 481–488, 2011.

LAURETANI, F.; SEMBA, R. D.; DAYHOFF-BRANNIGAN, M.; CORSI, A. M.; DI IORIO, A.; BUIATTI, E.; BANDINELLI, S.; GURALNIK, J. M.; FERRUCCI, L. Low total plasma carotenoids are independent predictors of mortality among older persons. **European Journal of Nutrition**, v. 47, n. 6, p. 335–340, 2008.

LÁZARO, S. F. **Avaliação genética do tamanho de leitegada em suínos das raças Landrace e Large White utilizando modelos de regressão aleatória**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2013.

LI, R.; YANG, Y.; HONG, P.; ZHANG, Z.; LI, L.; HUI, J.; ZHENG, Z.  $\beta$ -carotene attenuates weaning-induced apoptosis via inhibition of PERK-CHOP and IRE1-JNK/p38 MAPK signalling pathways in piglet jejunum. **Journal Of Animal Physiology And Animal Nutrition**, United Kingdom, v. 103, n. 5, p.1-11, 2019.

LIU, L.; TRIMARCHI, J. R.; NAVARRO, P.; BLASCO, M. A.; KEEFE, D. L. Oxidative stress contributes to arsenic-induced telomere attrition, chromosome instability, and apoptosis. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 278, n. 34, p. 31998-32004, 2003.

MADEJ, A.; BRANDT, Y.; EINARSSON, S. Endocrine dynamics associated with follicle development in pigs: a review. **Animal Reproduction**, Brasil, v. 6, n. 1, p. 135-143, 2009.

MARTIN, H. D.; RUCK, C.; SCHMIDT, M.; SELL, S.; BEUTNER, S.; MAYER, B.; WALSH, R. Chemistry of carotenoid oxidation and free radical reactions. **Pure and Applied Chemistry**, Inglaterra, v. 71, n. 12, p. 2253-2262, jan. 1999.

MARTINS, T. D. D.; COSTA, A. N.; SILVA, J. H. V.; BRASIL, L. H. A.; VALENÇA, R. M. B.; SOUZA, N. M. Produção e composição do leite de porcas híbridas mantidas em ambiente quente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1079-1083, 2007.

MATEO, R. D.; WU, G.; BAZER, F. W.; PARK, J. C.; SHINZATO, I.; KIM, S. W. Dietary L-arginine supplementation enhances the reproductive performance of gilts. **Journal Nutrition**, v.137, n. 3, p. 652-656, 2007.

MCDOWELL, L. R. Vitamins in animal nutrition: comparative aspects to human nutrition. **Elsevier**, Inglaterra, 2012.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim SBCTA**, Campinas, Brasil, v. 36, p. 1-11, 2002.

NAMIKI, M.; Antioxidants/antimutagens in food. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Inglaterra, v. 29, n. 4, p. 273-300, 1990.

NAVARRO, P. A., LIU, L., FERRIANI, R. A., KEEFE, D. L. Arsenite induces aberrations in meiosis that can be prevented by coadministration of N-acetylcysteine in mice. **Fertility and Sterility**, Nova York, v. 85, n. 1, p. 1187-1194, 2006.

OLDHAM, E. R.; EBERHART, R. J.; MULLER, L. D. Effects of supplemental vitamin A or  $\beta$ -carotene during the dry period and early lactation on udder health. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 11, p. 3775-3781, nov. 1991.

OOMAH, B.D.; KENASCHUK, E.O.; MAZZA, G. Phenolic acids in flaxseed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, EUA, v. 43, p. 2016-2019, 1995.

PANZARDI, A., MARQUES, B.M.F.P.P., HEIM, G., BORTOLOZZO, F.P., WENTZ, I. Fatores que influenciam o peso do leitão ao nascimento. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 37, n. 1, p. 49-60, 2009.

PRASAD, A. S.; BECK, F. W. J.; BAO, B.; FITZGERALD, J. T.; SNELL, D. C.; STEINBERG, J. D. Zinc supplementation decreases incidence of infections in the elderly: effect of zinc on generation of cytokines and oxidative stress. **American Journal of Clinical Nutrition**, EUA, v. 85, n. 3, p. 837-844, 2007.

PRYOR, W. A. Oxy-radicals and related species: their formation, lifetimes, and reactions. **Annual Review of Physiology**, Palo Alto, v. 48, n. 1, p. 657-667, 1986.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. Influence of high ambient temperatures on performance of multiparous lactating sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 8, p. 2124-2134, 1999.

RAZDAN, P.; MWANZA, A. M.; KINDAHL, H.; HULTÉN, F.; EINARSSON, S. Impact of postovulatory food deprivation on the ova transport, hormonal profiles and metabolic changes in sows. **Acta Veterinaria Scandinavica**, Dinamarca, v. 42, p. 45-55, 2001.

RIBEIRO, B. P. V. B. **Estudo metanalítico do estresse por calor na lactação de matrizes suínas**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras UFLA, Lavras, 2016.

ROSA, L. S. Fatores que afetam as características produtivas e reprodutivas de fêmeas suínas. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 4, p. 381-395, 2014.

SCHWEIGERT, F. J.; EISELE, W. Parenteral  $\beta$ -carotene administration to cows: effect on plasma levels, lipoprotein distribution and secretion in the milk. **Zeitschrift für Ernährungswissenschaft**, Alemanha, v. 29, n. 3, p. 184-191, set. 1990.

SCHWEIGERT F.J., Metabolism of carotenoids in mammals, *In*: BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. **Carotenoids**. Birkhäuser Verlag, Basel, 1998, p. 249–284.

SCHWEIGERT, F. J.; BUCHHOLZ, I.; SCHUHMACHER, A.; GROPP, J. Effect of dietary  $\beta$ -carotene on the accumulation of  $\beta$ -carotene and vitamin A in plasma and tissues of gilts. **Reproduction Nutrition Development**, v. 41, n. 1, p. 47-55, jan. 2001.

SCHNEIDER, C. D.; OLIVEIRA, A. R. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 308-313, 2004.

SCHWEIGERT, F. J.; KRIEGER, K.; SCHNURRBUSCH, U.; SCHAMS, D.; GROPP, J. Effect of dietary beta-carotene on the early embryonic development and uterine fluid composition of gilts. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, United Kingdom, v. 86, n. 7-8, p. 265-272, ago. 2002.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004.

SIES, H. Oxidative stress: from basic research to clinical application. **American Journal of Medicine**, Nova York, v. 91, n. 3, p. 31-38, mar. 1991.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, EUA, v. 62, n. 6, p. 1315S-1321S, dez. 1995.

SCHOLL, T. O.; SOWERS, M.; CHEN, X.; LENDERS, C. Maternal glucose concentration influences fetal growth, gestation, and pregnancy complications. **American Journal of Epidemiology**, [s.l.], v. 154, n. 6, p. 514-520, set. 2001.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 3-16, 2002.

SOARES, E. L. S. **Efeito da suplementação de B-caroteno e A-tocoferol ao desmame nodese desempenho reprodutivo das porcas**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.

TELFER, A.; DHAMI, S.; BISHOP, S. M.; PHILIPS, D.; BARBER, J. Beta-Carotene Quenches Singlet Oxygen Formed by Isolated PhotosystemII Reaction Centers. **Biochemistry**, EUA, v. 33, n. 48, p. 14469-14474, dez. 1994.

TRÊS, M. V.; FRANCHESCHI, E.; BORGES, G. R.; DARIVA, C.; CORAZZA, F. C.; OLIVEIRA, J. V.; CORAZZA, M. L. Influência da temperatura nasolubilidade de  $\beta$ -caroteno em solventes orgânicos à pressão ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 787-792, 2007.

VALDUGA, E; TATSCH, P. O.; TIGGEMANN, L.; TREICHEL, H.; TONIAZZO, G.; ZENI, J.; DI LUCCIO, M.; FÚRIGO JÚNIOR, A. Produção de carotenoides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 9, p. 2429-2436, out. 2009.

WANG, D. *et al.* Effect of supplementing vitamin E and  $\beta$ -carotene to pre-partum Holstein cattle on health and reproductive responses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, E-Suppl. 2/ **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, E-Suppl. 1. W76 (abstract). 2013

WICKENHEISSER, J. K.; NELSON-DEGRAVE, V. L.; HENDRICKS, K. L.; LEGRO, R. S.; 3RD, J. F. S.; MCALLISTER, J. M. Retinoids and retinol differentially regulate steroid biosynthesis in ovarian theca cells isolated from normal cycling women and women with polycystic ovary syndrome. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, Chevy Chase, v. 90, n. 8, p. 4858-4865, ago. 2005.

WITSCHI, H.; LOCK, S. Toxicity of butylated hydroxy toluene in mouse following oral administration. **Toxicology**, Shannon, v. 9, n. 1-2, p.137-146, 1978.

YOUNG, F. M.; LUDERER, W. B.; RODGERS, R. J. The antioxidant  $\beta$ -carotene prevents covalent cross-linking between cholesterol side-chain cleavage cytochrome P450 and its electron donor, adrenodoxin, in bovine luteal cells. **Molecular and Cellular Endocrinology**, Países Baixos, v. 109, n. 1, p. 113-118, mar. 1985.

ZHAO, R.; XIANG, N.; DOMANN, F. E.; ZHONG, W. Effects of selenite and genistein on G2/Mcell cycle arrest and apoptosis in human prostate cancer cells. **Nutrition and Cancer**, Philadelphia, v. 61, n. 3, p. 397-407, 2009.