

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

LETÍCIA LOPES DE GODOI

**DESEMPENHO E PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE LEITÕES EM FASE DE
CRECHE RECEBENDO DUAS FONTES DISTINTAS DE COLINA NA DIETA**

Uberlândia

2022

LETÍCIA LOPES DE GODOI

**DESEMPENHO E PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE LEITÕES EM FASE DE
CRECHE RECEBENDO DUAS FONTES DISTINTAS DE COLINA NA DIETA**

Monografia apresentada a coordenação do curso
graduação em Zootecnia da Universidade Federal
de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção
do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Luísa Neves
Alvarenga Dias.

Coorientadora: Ma. Laya Kannan Silva Alves.

Uberlândia

2022

LETÍCIA LOPES DE GODOI

**DESEMPENHO E PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE LEITÕES EM FASE DE
CRECHE RECEBENDO DUAS FONTES DISTINTAS DE COLINA NA DIETA**

Monografia aprovada como requisito parcial a
obtenção do título de Bacharel em Zootecnia no
curso de graduação em Zootecnia da Universidade
Federal de Uberlândia.

23 de março de 2022

Ana Luísa Neves Alvarenga Dias

Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia

Hebert Silveira

Natural BR Feed

Robson Carlos Antunes

Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia

Uberlândia

2022

RESUMO

A colina é um nutriente essencial para os suínos e suplementada nas dietas usualmente na forma de cloreto de colina. Entretanto, esse produto sintético apresenta características desfavoráveis à sua aplicação na nutrição animal. Sendo assim, alternativas ao cloreto de colina são pesquisadas para uso comercial, como a colina herbal. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar e comparar os resultados obtidos com a suplementação de cloreto de colina e colina herbal na dieta de leitões. O estudo teve duração de 26 dias, foram utilizadas cinco dietas experimentais, sendo: CN – controle negativo, com níveis deficientes de colina e metionina digestível; C300 – dieta basal com suplementação de colina via 300 mg/kg de cloreto de colina; C600 – dieta basal com suplementação de colina via 600 mg/kg de cloreto de colina; CH100 – dieta basal com suplementação de colina via 100 mg/kg de colina herbal; CH200 – dieta basal com suplementação de colina via 200 mg/kg de colina herbal, com oito repetições cada. Foram utilizados 80 leitões distribuídos por peso inicial e sexo, com delineamento experimental em blocos casualizados. Analisou-se as variáveis de desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos e viabilidade econômica. O uso da colina herbal e do cloreto de colina como aditivos na dieta beneficiaram o desempenho zootécnico dos leitões, sendo as doses de 200 mg/kg de colina herbal e 600 mg/kg de colina via cloreto de colina as que apresentaram os melhores resultados para ganho de peso diário e peso ao final do período experimental a nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Não houve influência da suplementação sobre os parâmetros sanguíneos. Em relação ao impacto econômico, a suplementação do nutriente propiciou aumento na receita total obtida, concomitantemente à redução do custo por quilo de leitão produzido. Foi possível concluir que o cloreto de colina pode ser substituído, com êxito, pela colina herbal.

PALAVRAS-CHAVE: Aditivo herbal, cloreto de colina, colina herbal, nutrição, suinocultura.

ABSTRACT

Choline is an essential nutrient for swine and is supplemented in diets in the form of choline chloride. However, this synthetic product has unfavorable characteristics for its application in animal nutrition. Therefore, alternatives to choline chloride are being researched for commercial use, such as herbal choline. In this sense, the present study aimed to evaluate and compare the results obtained with dietary supplementation of choline chloride and herbal choline. The study lasted 26 days, five experimental diets were used, as follows: NC – negative control, with deficient levels of choline and digestible methionine; C300 – basal diet with choline supplementation via 300 mg/kg of choline chloride; C600 – basal diet with choline supplementation via 600 mg/kg of choline chloride; CH100 – basal diet with choline supplementation via 100 mg/kg of herbal choline; CH200 – basal diet with choline supplementation via 200 mg/kg herbal choline, with eight repetitions each. Eighty piglets distributed by initial weight and sex were used, with an experimental design in randomized blocks. The variables of zootechnical performance, blood parameters and economic viability were analyzed. The use of herbal choline and choline chloride as additives in the diet benefited the zootechnical performance of piglets, with doses of 200 mg/kg of herbal choline and 600 mg/kg of choline via choline chloride being the ones that showed the best results for daily weight gain and weight at the end of the experimental period at a significance level of 5% ($p < 0,05$). There was no influence of supplementation on blood parameters. Regarding the economic impact, the nutrient supplementation provided an increase in the total revenue obtained, concomitantly with a reduction in the cost per kilogram of piglet produced. It was possible to conclude that choline chloride can be successfully replaced by herbal choline.

KEYWORDS: Plant additive, choline chloride, herbal choline, nutrition, swine production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura molecular da colina.	10
Figura 2. Peso vivo de suínos de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina. ..	23
Figura 3. Ganho de peso diário de suínos de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.	23
Figura 4. Consumo de ração diário de suínos de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das rações experimentais.	18
Tabela 2. Composição da dieta basal e seus valores nutricionais calculados.....	18
Tabela 3. Desempenho de suínos na fase de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.	21
Tabela 4. Parâmetros sanguíneos de suínos na fase inicial de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.	26
Tabela 5. Análise econômica da utilização de diferentes fontes de colina na dieta de suínos na fase de creche.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	Colina	10
2.2	Funções da colina e sua importância.....	11
2.3	Exigências nutricionais de colina e seu metabolismo	13
2.4	Fontes de Colina.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Local de realização do experimento.....	17
3.2	Animais e delineamento experimental	17
3.3	Dietas e tratamentos experimentais.....	17
3.4	Desempenho Zootécnico	19
3.5	Parâmetros Sanguíneos	19
3.6	Viabilidade Econômica	20
3.7	Análise Estatística	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Desempenho zootécnico.....	21
4.2	Parâmetros sanguíneos	26
4.3	Viabilidade Econômica	29
5	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A carne suína está entre as principais fontes de proteína animal consumidas mundialmente e com potencial crescimento de produção. Segundo as projeções realizadas pela Fitch Solutions (2021), espera-se um aumento de 20 milhões de toneladas produzidas de carne suína para os anos de 2020 a 2025. Concomitantemente a isto, a suinocultura como um todo segue pressionada a atingir elevados índices produtivos para atender este aumento na demanda de seus produtos, assim como vai de encontro a um mercado consumidor cada vez mais exigente (CANTARELLI et al., 2014; CANNAVAL JR, 2020).

Segundo Cantarelli et al. (2014), o aumento dos índices de produção está diretamente relacionado com o aumento da produtividade do plantel, por meio, principalmente, do aprimoramento nas áreas de genética, nutrição e sanidade. Apesar de existirem diversas tecnologias nessas três linhas que buscam um ótimo resultado final produtivo, ainda existem pontos críticos que limitam o processo, sobretudo na criação de animais mais jovens, como é o caso da fase de creche.

As estratégias nutricionais fazem parte desse contexto e, como exemplo, tem-se o uso dos aditivos alimentares, como a colina. A colina é um nutriente essencial, em suínos possui funções importantes para o crescimento, desenvolvimento e metabolismo lipídico dos animais, também é um constituinte de membranas e precursora de neurotransmissores (BERTECHINI, 2004). O nutriente é incluso nas dietas, majoritariamente, em sua forma química, o cloreto de colina (FARINA, 2014). Entretanto, esse produto apresenta particularidades que limitam seu emprego na nutrição animal, como alta higroscopicidade, perdas vitamínicas em pré-misturas, problemas operacionais nas fábricas de ração, dosagens incorretas e absorção ineficiente no trato gastrointestinal.

Em vista disso, a colina herbal vem sendo estudada como fonte alternativa ao cloreto de colina, uma fonte vegetal que não possui os aspectos restritivos da fonte química. A colina herbal é composta por diversas plantas ricas em componentes bioativos que possuem em sua composição a colina, como a fosfatidilcolina. Dessa forma, a colina herbal pode suprir as necessidades nutricionais dos animais sem que haja sinais de deficiência, seja no desempenho produtivo, ou em relação ao metabolismo dos leitões.

A colina herbal não sofre degradação de microrganismos intestinais, desempenha importante papel no metabolismo lipídico, além de apresentar maior biodisponibilidade de colina em comparação ao cloreto de colina. Não é higroscópica e, por isso, os problemas nas fábricas de ração são eliminados, permite maior espaço livre na fórmula das dietas e requer

menor espaço de estocagem nas fábricas de ração. Não é produzida quimicamente e, dessa forma, atende a crescente demanda de produtos naturais observada no mercado. Além do mais, pode apresentar efeito econômico viável por ser adicionada em menores quantidades nas fórmulas das dietas quando comparada ao cloreto de colina.

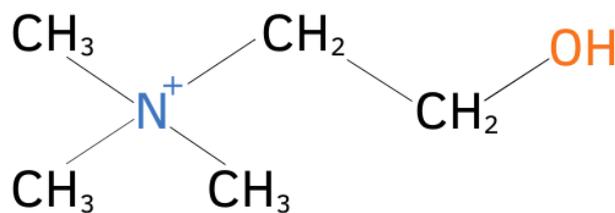
A partir desse cenário, a colina herbal se mostra como potencial fonte de substituição ao cloreto de colina. Para suínos, as conclusões sobre as fontes de colina nas dietas ainda são mínimas e adversas, o que evidencia ainda mais a importância deste estudo. Sendo assim, o objetivo a partir do presente trabalho foi comparar os resultados obtidos para desempenho produtivo, parâmetros sanguíneos e viabilidade econômica a partir da suplementação de cloreto de colina e colina herbal.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Colina

A colina, um micronutriente essencial para suínos, é quimicamente nomeada como hidróxido de beta-hidroxietil-trimetil-amônio, um sal quaternário de amônio. Apresenta-se em sua forma pura como um líquido viscoso, incolor, higroscópico e alcalino, solúvel em água, álcool e formaldeído, porém insolúvel em solventes orgânicos. É uma base forte constituída por três de grupos metil (RUTZ, 2008), como ilustrado na figura 1.

Figura 1. Estrutura molecular da colina.



Fonte: Adaptado de Dias (2021).

Embora classificada como vitamina do complexo B, especificamente a vitamina B4, o composto não apresenta todos os aspectos atribuídos a uma vitamina, tornando esta designação controversa (BERTECHINI, 2004). Sua exigência nutricional é superior quando comparada à de outras vitaminas, não participa ativamente no metabolismo como coenzima, possui função estrutural em células e tecidos, ademais, pode ser biossintetizada pelos animais (BERTECHINI

2004; REIS et al., 2012). Neste sentido, Bertechini (2004) sugere a classificação do composto como uma amina essencial.

Presente na maioria dos alimentos, a colina foi inicialmente descoberta pelo pesquisador Strecker em 1849, que isolou a substância da bile de suínos. Uma vez que os ácidos biliares são chamados de ácidos cólicos, surge então o nome colina. Anos depois, em 1852, Von Balb & Hirschbruun também realizaram o isolamento da colina, porém a partir de uma semente de mostarda branca, a *Sinapis alba* (VANCE; VANCE, 2008). A determinação de sua estrutura química como um radical nitrogênio trimetil quaternário data do ano de 1867, com o pesquisador Bayer (MCDOWELL, 2000).

A colina foi reconhecida como nutriente essencial em 1929, a partir dos trabalhos realizados por Dale e Dudley que permitiram concluir a existência de ações fisiológicas da colina sobre o sistema parassimpático e como estímulo a células ganglionares (FARINA, 2014). Entretanto, a aplicabilidade nutricional do composto foi descoberta apenas em 1932 por Comb e Gerald, a partir de fatores lipotrópicos inerentes à colina, como a transferência de grupos metil (MCDOWELL, 2000).

A forma livre da colina dificilmente é encontrada nos alimentos, está majoritariamente disposta como fosfatidilcolina, esfingomielina, fosfocolina e glicerofosfocolina (ZEISEL et al., 2003). Desse modo, a quantificação exata dos níveis de colina de um alimento torna-se um processo complexo, uma vez que alguns métodos analíticos são incapazes de extrair todas suas variações (FARINA, 2014). A fosfatidilcolina é a principal forma de colina presente naturalmente nos alimentos (BONA, 2020). Sua absorção pode ocorrer de maneira intacta, sem intervenção do metabolismo microbiano no intestino dos animais (COMBS JR, 2008). Em contrapartida, a colina livre sofre ação dos microrganismos intestinais, reduzindo sua capacidade absorptiva. Desse modo, cerca de 2/3 da colina livre total transforma-se em trimetilamina a partir da ação da microbiota que, posteriormente, será depositada na carne dos animais ou excretada via urina, tornando-se então indisponível para os animais (LEESON, SUMMERS, 2001; COMBS JR, 2008; RUTZ, 2008).

2.2 Funções da colina e sua importância

A colina atua na formação do neurotransmissor acetilcolina a partir da combinação com o ácido acético. No organismo a acetilcolina é uma substância mediadora da atividade nervosa, atuando, por exemplo, como importante mediador químico nos nervos ligados aos músculos esqueléticos (MCDOWELL, 2000; GOMES et al., 2011). Portanto, suínos com deficiência nutricional de colina tendem a apresentar falta de rigidez adequada das articulações,

principalmente das paletas, e falta de coordenação dos movimentos (BERTECHINI, 2004; CERON, 2015).

Por ser um constituinte dos fosfolipídios presentes na membrana plasmática, a colina também apresenta a função de manutenção e construção celular (LEESON e SUMMERS, 2001). A fosfatidilcolina, por exemplo, compreende 35% dos fosfolipídios organizados em duplas camadas na membrana celular (BATTAGLIA e SCHIMMEL, 1997). Suínos expostos à deficiência de colina podem apresentar danos na estrutura das membranas celulares da parede hepática, o que permite uma maior liberação de fosfatase alcalina na corrente sanguínea, enzima responsável por catalisar reações de hidrólise de ésteres de fosfato. Estudos realizados com leitões evidenciaram que a inclusão de colina na dieta reduziu a concentração de fosfatase alcalina sanguínea (TEIXEIRA et al., 2005; CERON, 2015).

Outro papel essencial da colina é no metabolismo lipídico, uma vez que a lecitina, fosfolipídio cuja síntese ocorre por meio da atuação da colina, é um dos componentes do VLDL (*Very Low Density Lipoproteins*), atuante no transporte de gorduras do fígado e distribuição destas aos demais tecidos (NASCIMENTO, 2020). O VLDL, no entanto, é o principal transportador de triglicerídeos, segundo Toghyan et al. (2017). Sendo assim, menores concentrações de triglicerídeos plasmáticos indicam deficiência de colina no animal. Experimentos com leitões de creche apontaram maior nível de triglicerídeos no sangue dos animais que receberam suplementação de colina (CERON, 2015).

Outra influência na redução da concentração de triglicerídeos séricos é a ação da fosfatidilcolina, a qual remove lipídeos do fígado e é fundamental para a síntese de VLDL (YAO, 1988). Com isso, níveis insuficientes de colina na dieta resultam em menores concentrações de fosfatidilcolina e, dessa forma, sucedem o acúmulo de lipídeos no organismo, podendo causar enfermidades hepáticas como hemorragia renal e fígado gorduroso (MCDOWELL, 2000; WIEDEMAN et al., 2018). Tendo isso em vista, demais pesquisas apontam a suplementação de colina como uma maneira de otimizar o aproveitamento lipídico, além de ser entendida como um fator lipotrópico por se relacionar indiretamente com a deposição ou remoção de gorduras do fígado (MCDOWELL, 2000; HAND et al., 2010).

A colina é a única fonte prontamente ativa para reações de metilação, desencadeando a síntese de metionina. A metionina é o segundo aminoácido limitante em rações para suínos e possui grande relevância no processo da síntese proteica, pois atua na expressão de genes relacionados ao crescimento (BAKER, 1991; DEL VESCO, et al., 2013). Nesse sentido, a colina é comumente adicionada em dietas para frango como fornecedora de grupos metil, a fim de, segundo Saeed et al. (2017), poupar o uso da metionina. Todavia, alguns autores convergem

perante este argumento ao concluírem que a colina, sozinha, não é o suficiente para suprir as necessidades nutricionais do aminoácido (MILES et al., 1983).

Animais com alta necessidade de grupos metílicos, quando suplementados com níveis insuficientes de metionina e/ou colina, podem apresentar retardamento no crescimento, afetando o desempenho produtivo do plantel (TACCONI, 1998). Ademais, a partir da biossíntese da metionina são gerados outros aminoácidos de participação efetiva no crescimento e desenvolvimento dos suínos, como a creatina, carnitina, epinefrina, melatonina, as poliaminas e também a colina (BAKER, 1991).

Estudos realizados com frangos de corte demonstraram que a suplementação dietética de colina resultou em melhor desempenho produtivo das aves na medida em que apresentaram melhores índices de ganho de peso e conversão alimentar (FARINA, 2014). Para suínos os estudos a respeito da suplementação de colina ainda são pouco frequentes. Qiu et al. (2021) concluíram que os leitões desmamados submetidos a tratamentos com inclusão de colina apresentaram maior ganho de peso médio diário, assim como maior ganho de peso corporal e boa eficiência alimentar.

Então, é possível observar que a suplementação de colina como aditivo alimentar pode agregar no sistema de produção mediante possíveis ganhos no desempenho zootécnico e restrição dos sintomas decorrentes de sua deficiência. Neste sentido, a fim de analisar o desempenho zootécnico dos animais suplementados no presente estudo e comparar os resultados com as pesquisas já feitas, se faz importante o controle de índices como o ganho de peso diário, consumo de ração diário e conversão alimentar.

2.3 Exigências nutricionais de colina e seu metabolismo

Os aditivos, segundo a instrução normativa nº 44, de 15 de dezembro de 2015 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, são definidos como substâncias, microrganismos ou produtos formulados adicionados intencionalmente à dieta com objetivo de atender as necessidades nutricionais, assim como melhorar as características dos produtos empregados na alimentação animal, dos produtos animais e desempenho dos animais sadios (BRASIL, 2015). Os exemplos de aditivos variam desde enzimas, palatabilizantes, conservantes, aminoácidos, dentre outros, até ervas, extratos vegetais e vitaminas (SINDIRAÇÕES, 2020).

As informações a respeito dos níveis adequados de vitaminas e minerais na dieta de monogástricos ainda são limitadas, visto que muitos estudos a respeito são antigos e que as constantes mudanças genéticas também tendem a mudar as exigências nutricionais. Contudo,

estes aditivos alimentares são elementos de relevância para o melhor desempenho dos animais. Sendo assim, pesquisas são frequentemente realizadas a fim de atingir os níveis ótimos de inclusão destes ingredientes na dieta (ROSTAGNO, 2017). Para suínos, poucos são os trabalhos que abordam a suplementação adequada de colina na nutrição de leitões na fase de creche (CERON, 2015). Segundo as Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos (2017), os níveis de colina necessários permeiam entre 360,9 a 320,6 mg/kg de ração nas fases pré-iniciais e 262,5 mg/kg de ração na fase inicial.

A colina pode ser sintetizada no fígado através do processo de metilação da etanolamina ou a partir da doação de grupos metil pelo aminoácido metionina, quando disposto na dieta em níveis suficientes. Com isso, as exigências de colina podem ser afetadas a partir das quantidades de proteína e/ou metionina dos alimentos fornecidos via dieta (SANTOS e PEREIRA, 2010). Sabe-se que para aves a eficiência da síntese de colina torna-se maior com o avanço da idade, sendo necessária sua suplementação até oito semanas de vida do animal, visto que é um nutriente essencial (COMBS, 2008; SAEED et al., 2017).

Mesmo que os estudos a respeito das quantidades adequadas de colina para leitões ainda sejam mínimos, é evidente a importância da suplementação, uma vez que sua deficiência traz efeitos negativos ao desempenho dos animais, conforme citado anteriormente (MCDOWELL, 2000; CERON, 2015). Estudos realizados com leitões demonstraram efeitos positivos do uso da colina como aditivo alimentar na dieta fornecida, dada a melhoria de índices como ganho de peso médio diário, peso corporal e eficiência alimentar em leitões suplementados com 650mg de colina disponíveis por quilograma de ração (LIN, 2002).

As diferentes formas de colina dificultam a sua correta quantificação, além disso, a concentração de colina possui alta variação entre os alimentos. Nesse sentido, os diferentes efeitos desse nutriente em leitões podem ser explicados pelas distinções das dietas basais utilizadas nos estudos (FARINA, 2014; QIU et al., 2021). Não obstante, os níveis de suplementação recomendados para monogástricos divergem entre os trabalhos já realizados. Posto isto, é necessário conhecer as fontes do nutriente e não apenas suas exigências (DIAS, 2021).

2.4 Fontes de Colina

As fontes de colina estão presentes em grande parte dos ingredientes utilizados na nutrição animal. Os produtos de origem animal são as fontes de maior biodisponibilidade, cerca de 90% de colina presente. Entretanto, tais produtos não são amplamente empregados na nutrição animal por apresentarem custos elevados, além de possuírem pontos desfavoráveis

como alto nível de inclusão na fórmula e, por isso, maior demanda de armazenagem (DIAS, 2021).

O milho, um dos principais ingredientes utilizados na nutrição de suínos, é pobre em colina. Em contrapartida, o trigo, outro importante ingrediente, é rico em betaína, componente importante na doação de grupos metil. Sendo assim, a suplementação de colina para aves e suínos com dietas a base de milho deve ser maior quando comparada a dietas a base de trigo (MCDOWELL, 2000; COMBS, 2008).

2.4.1 Cloreto de colina

No que diz respeito à suplementação de colina nas dietas fornecidas aos animais monogástricos, a fonte de cloreto de colina é usualmente aplicada. O aditivo é sintetizado quimicamente e definido como um sal composto, apresenta cerca de 60 a 70% de cloreto de colina em sua composição e em torno de 25,4% de cloro (GOMES et al., 2011; FARINA 2014; BONA; 2020).

Por se tratar de um material em pó fortemente higroscópico, pode acelerar a perda de vitaminas hidrossolúveis adicionadas ao premix, pois a medida em que o cloreto de colina absorve a umidade do ar, eleva-se o teor de água livre na mistura, desencadeando um potencial reativo (RUTZ, 2008; FARINA, 2017). Este aspecto higroscópico resulta no empedramento do produto e formação de grumos que ocasionam problemas operacionais na fábrica de ração (LISBOA et al., 2014). Além do mais, a maior presença de água adsorvida pelo material pode implicar em erros de dosagem do aditivo que, conseqüentemente, afetam a conversão alimentar animal (SILVEIRA, 2021).

O cloreto de colina também é encontrado em forma líquida, apresentando aspecto viscoso que, por consequência, pode provocar entupimento nos equipamentos das fábricas de ração e possível erro de dosagem (SILVEIRA, 2021). Além disso, a forma líquida, cuja concentração de colina é de 70 a 75%, apresenta caráter corrosivo, exigindo equipamento especial para seu manuseio e armazenagem. Nesse caso, a inclusão em pré-misturas não é recomendada, apesar disso, é adicionado frequentemente em misturas concentradas de forma individual (MCDOWELL, 2000).

Além do mais, a colina livre presente do cloreto de colina sofre ação dos microrganismos intestinais, reduzindo sua capacidade absorviva. Desse modo, cerca de 2/3 da colina livre total transforma-se em trimetilamina a partir da ação da microbiota que, posteriormente, será depositada na carne dos animais ou excretada via urina, tornando-se então indisponível para os animais (LEESON, SUMMERS, 2001; COMBS JR, 2008; RUTZ, 2008).

Neste cenário, fontes alternativas ao cloreto de colina sintético, como por exemplo a colina herbal, são consideradas em estudos práticos na área de nutrição animal.

2.4.2 Colina herbal

As fontes vegetais de colina são comumente pesquisadas e geralmente de fácil obtenção e conservação. Além disso, apresentam níveis de biodisponibilidade similares aos encontrados nos produtos de origem animal, cerca de 60 a 90% (SANTOS, PEREIRA, 2010). As espécies *Trachyspermum amni*, *Citrullus colocynthis*, *Achyranthus áspera*, *Azadirachta indica* e *Glycine max* demonstraram bons resultados e algumas já são comercializadas, com concentração de 30 a mais de 2.000 mg de colina por quilo de alimento (DIAS, 2021).

A colina encontra-se disponível nos vegetais na forma de colina livre, esfingomielina e fosfatidilcolina (GANGANE et al., 2010). A fosfatidilcolina sofre pouca ou quase nula degradação intestinal, não havendo conversão da molécula em trimetilamina e, tampouco, redução da sua eficiência e aproveitamento no organismo (HUERGA, 1952; MCDOWELL, 2000). Além do mais, existe variação na biodisponibilidade e no uso entre os diferentes ésteres de colina e, nesse caso, a fosfatidilcolina apresenta maior eficiência (CHENG et al., 1996).

Diferentemente do cloreto de colina, a fonte herbal de colina não apresenta limitações práticas e fatores negativos à composição da dieta. A colina herbal apresenta maior biodisponibilidade em comparação ao cloreto de colina devido à fosfatidilcolina. Sendo assim, é inclusa em menores níveis de suplementação na dieta, permitindo maior espaço livre na fórmula e menor espaço de estocagem. Não apresenta caráter higroscópico e corrosivo, o que evita possíveis problemas com equipamentos nas fábricas de ração, erros de dosagens e perdas vitamínicas. Além do mais, reduz o excesso de cloro presente nas dietas quando substituída ao cloreto de colina e, por ser fonte de fosfatidilcolina, reduz a ocorrência de patologias hepáticas (DIAS, 2021; SILVEIRA, 2021).

Estudos comparando a suplementação entre as duas fontes de colina apontaram não haver sintomas de deficiência do nutriente nos grupos de animais e, sequer, problemas com utilização das fontes vegetais. Isso aponta que a substituição da colina herbal ao cloreto de colina é eficiente, além de que os níveis de inclusão das fontes vegetais são reduzidos quando comparados ao cloreto de colina, indicando potencial aplicação do produto nos sistemas produtivos (DIAS, 2021). Ainda, como é um composto natural, a colina herbal pode ser utilizada em alimentos que atendem o mercado de produtos orgânicos como um suplemento alternativo, diferentemente do cloreto de colina, obtido a partir de sínteses químicas (NASCIMENTO, 2020).

Poucos são os estudos práticos da inclusão da fonte herbal de colina em dietas para suínos. Logo, objetivou-se com o presente trabalho acrescentar resultados e informações sobre o tema.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização do experimento

O experimento a campo foi realizado nas instalações para leitões na fase de creche na granja experimental do Laboratório de Pesquisa em Suínos (LPS) do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade de São Paulo (USP), situada em Pirassununga, São Paulo.

O presente projeto foi aprovado pela Comissão de ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo sob protocolo CEUA Nº 3796090821.

3.2 Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 80 leitões com 44 dias de idade e peso médio de $14,11 \pm 1,70$ kg, alojados em duplas com delineamento experimental em blocos casualizados, distribuídos por peso inicial e sexo. Nesse sentido, a unidade experimental considerada foi a média da baía, dois animais. O período do experimento a campo totalizou 26 dias, abrangendo o intervalo correspondente à fase nutricional inicial dos animais. Durante o período experimental foram fornecidos cinco tratamentos diferentes aos animais com oito repetições cada.

3.3 Dietas e tratamentos experimentais

Os leitões passaram por um período de adaptação de cinco dias, antecedente ao período de fornecimento dos tratamentos. Neste intervalo de tempo foi fornecida dieta inicial com níveis reduzidos de colina (632,04 mg/kg) e metionina digestível (0,26%), a fim de diminuir as reservas corporais de colina nos animais. Para isso foram selecionados ingredientes com baixa biodisponibilidade de colina, como é o caso do arroz quirera.

Após o término do período de adaptação, foram fornecidas as cinco rações experimentais que se distinguiram em relação ao aditivo alimentar suplementado, cloreto de colina ou colina herbal, assim como os níveis de inclusão de cada um. Os aditivos foram incluídos nas rações em substituição ao material inerte.

A dieta fornecida foi isonutritiva (NRC, 2012), exceto para colina e, tanto o consumo de ração quanto o de água de água foram ad libitum. Os tratamentos utilizados e a composição da dieta estão dispostos nas tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1. Descrição das rações experimentais.

Tratamento	Descrição
CN	Controle negativo, dieta basal sem a suplementação de colina
C300	Dieta basal com a suplementação de 300 mg/kg de colina via cloreto de colina
C600	Dieta basal com a suplementação de 600 mg/kg de colina via cloreto de colina
CH100	Dieta basal com a suplementação de 100 mg/kg de colina herbal
CH200	Dieta basal com a suplementação de 200 mg/kg de colina herbal

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2. Composição da dieta basal e seus valores nutricionais calculados.

Ingredientes	Dieta basal
Milho grão 7,8 PB (%)	23,100
Farelo de soja 46,5 PB (%)	13,000
Arroz quirera (%)	40,000
Óleo de soja (%)	3,700
Mistura Mineral*	20,000
Inerte (%)	0,200
Total	100,000
Níveis nutricionais	
Proteína bruta (%)	17,86
Gordura bruta (%)	5,51
Fibra bruta (%)	2,19
Energia metabolizável suínos (Kcal/kg)	3418,02
Cálcio total (%)	0,80
Fósforo total (%)	0,56
Fósforo disponível (%)	0,44
Lisina digestiva ileal suínos (%)	1,27
Metionina digestível ileal suínos (%)	0,26
AAS digestível ileal suínos (%)	0,51
Treonina digestível ileal suínos (%)	0,84
Triptofano digestível ileal suínos (%)	0,24
Valina digestível ileal suínos (%)	0,84
Arginina digestível ileal suínos (%)	1,07
Isol digestível ileal suínos (%)	0,62
Leucina digestível ileal suínos (%)	1,28
Fitase (U/kg)	500,00
Vitamina A sintética (KUI/kg)	9,00
Vitamina D3 sintética (KUI/kg)	2,00
Vitamina E sintética (UI/kg)	54,01
Vitamina K3 sintética (mg/kg)	4,00

Tiamina sintética (mg/kg)	1,80
Riboflavina sintética (mg/kg)	5,00
Piridoxidina sintética (mg/kg)	2,90
Cianocobalamina sintética (mcg/kg)	30,00
Ácido pantonênico sintética (mcg/kg)	21,00
Niacina sintética (mg/kg)	40,00
Ácido fólico sintética (mg/kg)	0,45
Biotina sintética (mcg/kg)	160,02
Colina total (mg/kg)	632,04
Sódio total (mg/kg)	0,25
Manganês inorgânico (mg/kg)	50,01
Zinco inorgânico (mg/kg)	97,01
Ferro inorgânico (mg/kg)	100,01
Cobre inorgânico (mg/kg)	150,00
Iodo total (mg/kg)	1,00
Selênio inorgânico (mg/kg)	0,40
Enramicina (mg/kg)	10,00

*Composição da mistura mineral: Concentrado de soja proteico 60% (X-Soy 200) a 5,764%; Farelo de glúten de milho 21% (Refinazil) a 10%; L-Lisina em pó HCl 99% a 0,7%; L-Treonina 98,5% a 0,3%; L-Triptofano 98% a 0,062%; L-Valina 98% a 0,111%; Fosfato bicálcico 18,5% a 1,304%; Calcário calcítico a 0,897%; Sal branco a 0,6%; Smizyme 5000PT (Fitase 0,12Pd) a 0,01%; Sulfato de cobre mono 35% a 0,039%; Enramicina 8% (Enramax) a 0,013%; Suínos Px. Vit. inicial (1,0 kg/ton) a 0,1%; Suínos Px. Micromineral (1,0 kg/ton) a 0,1%.

Fonte: Dados da pesquisa.

3.4 Desempenho Zootécnico

Para desenvolver os cálculos de ganho de peso diário, consumo de ração diário e conversão alimentar, envoltos na avaliação de desempenho, foram realizadas pesagens dos animais e das sobras de ração no cocho. Os animais foram pesados nos dias 0, 5, 12, 19 e 26 do experimento, juntamente das quantidades de ração presentes no cocho. Além disso, o fornecimento e desperdício diário de ração foram diariamente mensurados.

3.5 Parâmetros Sanguíneos

A análise sanguínea dos animais foi feita ao término do período experimental, com finalidade de avaliar as variáveis hematócrito, hemoglobina, fosfatase alcalina e triglicerídeos. Além dessas, avaliou-se o volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média, amplitude de distribuição dos glóbulos

vermelhos, leucócitos totais e plaquetas. Para a coleta de sangue, realizada em um animal por unidade experimental, os leitões foram submetidos a um jejum de 12 horas.

3.6 Viabilidade Econômica

Ao final do experimento foi realizada a análise econômica, considerando diferentes itens de composição do custo total para avaliar a viabilidade em se utilizar o aditivo. As variáveis analisadas foram o custo com ração, o custo de aquisição dos animais, outros custos de produção, custo total, custo por quilo de leitão produzido, a receita total, a margem bruta, o lucro econômico, a relação benefício custo, o retorno sobre o investimento e sobre o investimento em relação à utilização de cada um dos aditivos, conforme dados do Índice de Custo de Produção do Suíno Paulista, para o mês de junho de 2021, período de realização do experimento. Os custos totais de produção foram compostos por (i) custo de aquisição dos animais (52,8%), (ii) custo com ração (36,3%) e (iii) outros custos de produção (10,9%).

Os outros custos de produção foram representados por: custos com sanidade e manejos reprodutivos, bens de consumo utilizados na produção, mão de obra, manutenções e depreciações, transportes e seguros, telefonia e internet, energia e combustíveis, taxas e impostos e remuneração sobre o uso da terra, do capital e sobre os reprodutores e animais em estoque. Para composição da receita da atividade, foi considerado o valor médio de venda do animal estipulado na bolsa de suínos da Associação Paulista dos Criadores de Suínos para o mês de junho de 2021.

3.7 Análise Estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi empregado para analisar a normalidade dos dados e quando eles não apresentaram essa distribuição foi realizada a transformação usando o PROC RANK (SAS INSTITUTE INC, 2009). Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância. Quando houve diferença estatística pelo teste de F ($p < 0,05$) adotou-se o teste de Tukey para comparação das médias. Os dados foram submetidos ao pacote estatístico do software SAS (2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho zootécnico

Os resultados para as variáveis de desempenho zootécnico de acordo com os tratamentos em cada período experimental são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Desempenho de suínos na fase de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.

Variáveis	Tratamentos					EPM	Valor de P
	CN	C300	C600	CH100	CH200		
Peso inicial, kg	14,15	14,12	14,10	14,10	14,11	0,644	0,725
Peso 5D, kg	16,92	17,08	17,55	17,43	17,51	0,786	0,203
GPD 0-5D	0,556	0,593	0,693	0,668	0,681	0,046	0,211
CRD 0-5D, kg	0,894	0,895	0,983	0,940	0,995	0,054	0,316
CA 0-5D	1,864	1,535	1,428	1,431	1,464	0,143	0,314
Peso 12D, kg	21,27 b	22,24 ab	22,57 a	22,17 ab	22,50 a	0,946	0,034
GPD 6-12D, kg	0,622	0,738	0,717	0,678	0,713	0,039	0,070
CRD 6-12D, kg	1,014 b	1,127 ab	1,156 a	1,083 ab	1,142 a	0,052	0,023
CA 6-12D	1,666	1,534	1,615	1,609	1,605	0,055	0,265
Peso 19D, kg	27,42 b	28,66 ab	29,05 a	28,37 ab	29,05 a	1,125	0,041
GPD 13-19D, kg	0,878	0,917	0,926	0,886	0,935	0,049	0,853
CRD 13-19D, kg	1,464	1,547	1,553	1,474	1,557	0,070	0,582
CA 13-19D	1,701	1,705	1,691	1,672	1,665	0,059	0,869
Peso 26D, kg	34,20 b	36,33 a	36,88 a	36,36 a	36,80 a	1,314	0,003
GPD 20-26D, kg	0,970 b	1,095 ab	1,119 ab	1,141 a	1,108 ab	0,0527	0,018
CRD 20-26D, kg	1,573 b	1,796 ab	1,881 a	1,870 a	1,859 a	0,0835	0,045
CA 20-26D	1,630	1,724	1,676	1,636	1,677	0,0884	0,977
GPD 0-26D, kg	0,771 b	0,854 a	0,876 a	0,856 a	0,873 a	0,030	0,002
CRD 0-26D, kg	1,263 b	1,376 ab	1,425 a	1,373 ab	1,418 a	0,055	0,017
CA 0-26D	1,639	1,616	1,622	1,599	1,623	0,032	0,909

CN: Controle negativo – dieta basal sem a suplementação de colina; C300: Dieta basal com a suplementação de 300 mg/kg de colina via cloreto de colina; C600 - dieta basal com a suplementação de 600 mg/kg de colina via cloreto de colina; CH100 - dieta basal com a suplementação de 100 mg/kg de colina herbal; CH200 - dieta basal com a suplementação de 200 mg/kg de colina herbal; GPD: Ganho de peso diário; CRD: Consumo de ração diário; CA: Conversão alimentar; EA: Eficiência alimentar; EPM: Erro padrão da média; Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem pelo teste de Tukey com $P < 0,05$.

Os resultados apresentados demonstram que, de forma geral, os níveis de suplementação de colina utilizados exerceram efeitos sobre as variáveis peso, CRD e GPD dos animais durante o decorrer do estudo. Entretanto, o mesmo não foi observado para a variável CA, cuja suplementação não surtiu efeito entre os diferentes tratamentos e períodos experimentais, como o esperado. Por ser uma relação entre as variáveis GPD e CRD, e por estas expressarem comportamentos semelhantes, a CA acabou seguindo este mesmo padrão.

Durante o primeiro período experimental (0-5D), caracterizado como período de adaptação, os animais receberam uma mesma dieta basal com níveis deficientes de colina e metionina digestível. Sendo assim, os resultados de desempenho apresentados neste mesmo período corroboram com o previsto, pois não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos.

O fornecimento dos tratamentos com diferentes níveis e fontes de colina foi iniciado no segundo período experimental (6-12D), no qual é possível observar diferenças significativas para CRD e peso aos 12 dias. As maiores médias para o peso dos animais aos 12 dias foram apresentadas pelos grupos C600 e CH200, e para a variável CRD as maiores médias foram observadas nos tratamentos C600 e CH200. Em seguida, no terceiro período experimental (13-19D), os grupos C600 e CH200, novamente, demonstraram os maiores resultados para peso aos 19 dias.

No quarto e último período experimental (20-26D), todos os grupos suplementados apresentaram maiores médias de peso aos 26 dias em relação ao grupo controle. Também houve diferenças significativas para a variável GPD no mesmo período. Para a variável CRD foi possível observar que todos os grupos suplementados, com exceção do grupo C300, apresentaram médias superiores em relação a controle negativo.

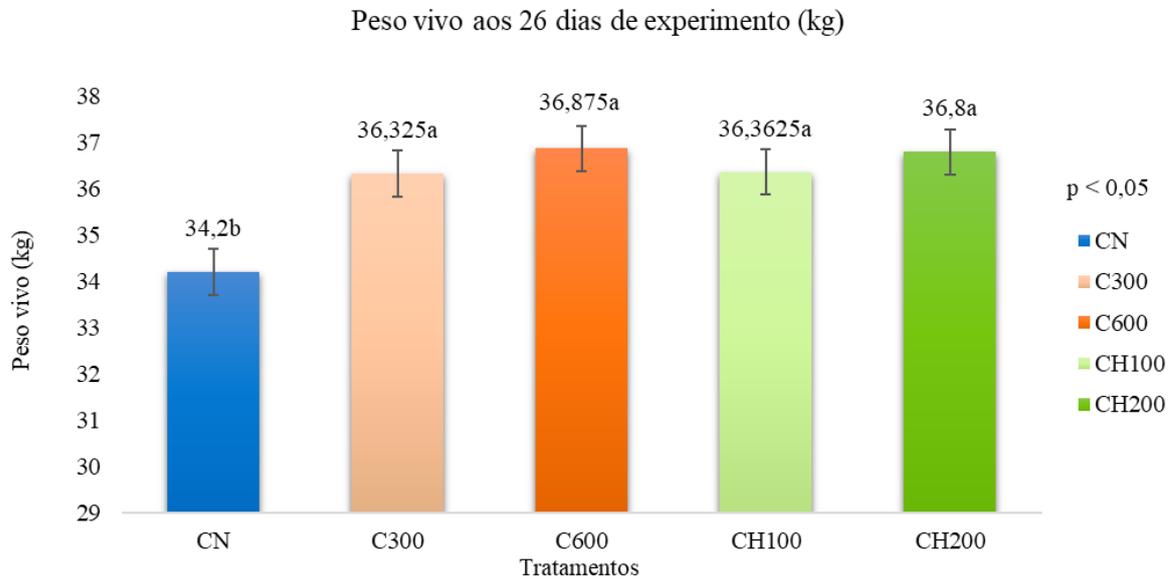
No período experimental total (0-26D) é possível observar que todos os animais que receberam as dietas suplementadas, ou seja, os grupos C300, C600, CH100 e CH200 apresentaram os maiores valores para GPD em relação ao grupo controle na ordem de 10,76%, 13,61%, 11,02% e 13,22%, respectivamente. Além disso, as médias de CRD do mesmo período encontradas em C600 e CH200 foram 12,82% e 12,27% maiores que as médias do grupo sem suplementação.

A partir dos resultados é possível inferir que a suplementação de colina ocasionou efeito positivo no desempenho produtivo dos animais. Os níveis de inclusão da fonte vegetal foram de 100 e 200 mg/kg de colina herbal, ao passo que a fonte química foi suplementada em 300 e 600 mg/kg de cloreto de colina. Sem embargo, o menor volume de colina herbal em comparação ao volume de cloreto de colina não prejudicou as respostas de desempenho dos animais.

É possível observar na tabela 3 que as respostas para peso e ganho de peso dos grupos tratados com colina herbal foram semelhantes aos grupos tratados com cloreto de colina. Entretanto, o mesmo não pode ser afirmado em relação ao grupo controle, cujas médias de desempenho foram menores em relação a ambas fontes de suplementação. Desse modo, tanto o aditivo sintético, quanto o aditivo herbal apresentaram efeitos similares perante o desempenho dos leitões. Sendo que para os mesmos efeitos positivos, foi necessária menor inclusão da colina

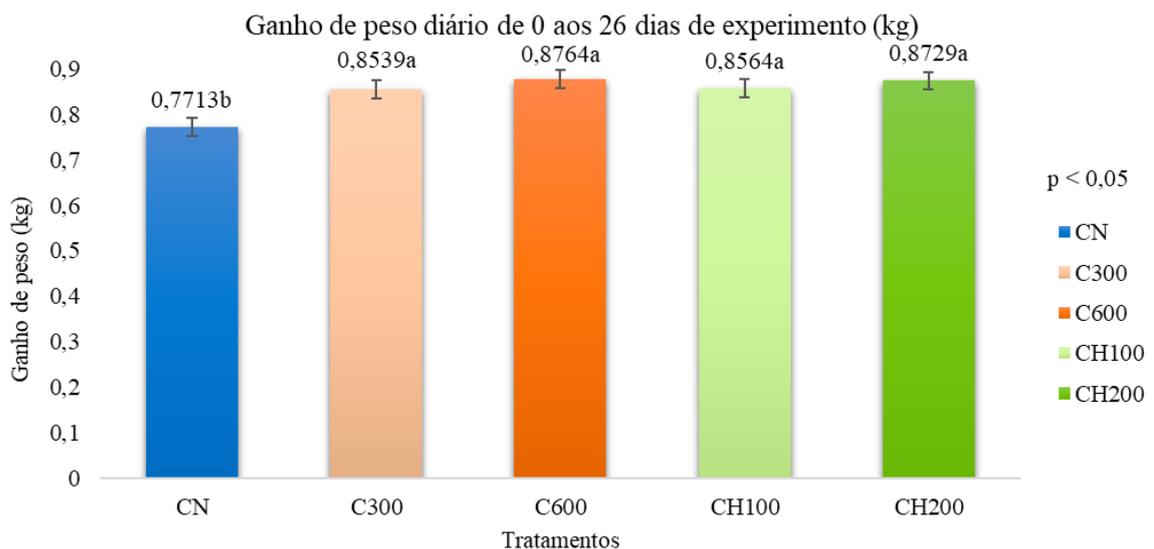
herbal em relação ao cloreto de colina, traduzindo um ponto favorável ao uso da colina herbal. Estes dados podem ser melhor visualizados nas figuras 2 e 3 dispostas a seguir.

Figura 2. Peso vivo de suínos de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3. Ganho de peso diário de suínos de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.



Fonte: Dados da pesquisa.

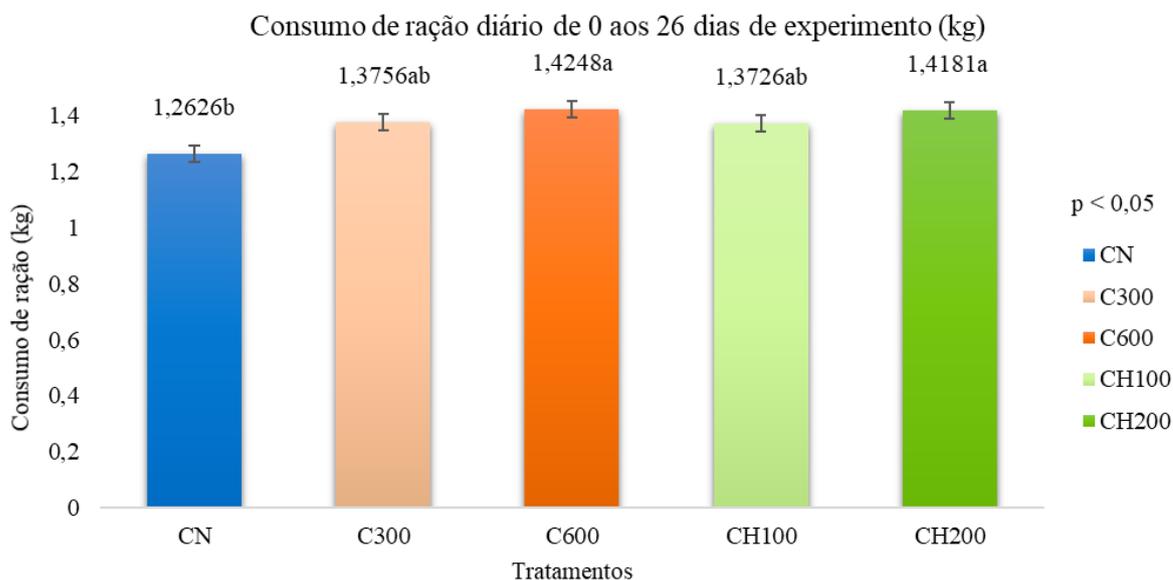
Os resultados apontados podem estar relacionados a maior biodisponibilidade de colina presente na colina herbal que, mesmo em menores quantidades, forneceu níveis ideais de colina para os animais e, por conseguinte, apresentou efeito positivo no ganho de peso dos leitões. A

maior biodisponibilidade do nutriente ocorre devido à elevada presença de fosfatidilcolina nos vegetais, fonte de colina prontamente ativa para o uso metabólico e que, por sua vez, não é convertida em trimetilamina pelos microrganismos intestinais, como é o caso da colina livre presente no cloreto de colina.

Além do mais, o menor nível de inclusão do aditivo herbal reflete em maior espaço disponível na fórmula da dieta para outros ingredientes, o que caracteriza uma observação considerável, principalmente para sistemas de produção em larga escala. Nesse sentido, a colina herbal se mostrou como potencial fonte alternativa ao cloreto de colina.

O consumo de ração foi maior nos grupos suplementados, apresentando maiores médias para os tratamentos com inclusão de 600 mg de cloreto de colina e 200 mg de colina herbal, como demonstrado na figura 4. Como o maior ganho de peso estimula diretamente o maior consumo animal, os resultados encontrados para CRD frente ambas fontes de colina corroboram com o esperado e, por isso, não houve diferença entre o cloreto de colina e a colina herbal para a mesma variável.

Figura 4. Consumo de ração diário de suínos de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.



Fonte: Dados da pesquisa.

No presente estudo, o aumento do consumo, acompanhado do maior nível de inclusão dos aditivos, não expressou um resultado metabolicamente desvantajoso, visto que o peso e ganho de peso dos animais seguiram este mesmo padrão de valores maiores. Esta observação traduz, novamente, o efeito da colina frente ao desempenho produtivo. Pois, apesar dos animais consumirem maiores quantidades de ração, houve metabolização significativa da colina

adquirida a partir deste consumo, principalmente em relação ao emprego da metionina e, portanto, resultados produtivos positivos.

Os resultados encontrados para melhor desempenho dos leitões cujas dietas foram suplementadas com colina corroboram com os dados observados por Qiu e colaboradores (2020). A suplementação de colina melhorou o crescimento dos leitões desmamados e, dessa forma, resultou em um maior GPD e peso corporal em relação às dietas sem inclusão do nutriente. O estudo sugere que o aumento do GPD e peso corporal dos animais pode estar relacionado ao emprego mais eficiente dos lipídios no metabolismo quando há suplementação de colina na dieta (QIU et al., 2020).

Ceron (2015) comparou os índices de desempenho dos leitões que receberam suplementação de cloreto de colina a um nível de 300 mg/kg e 600 mg/kg, e colina herbal a 119 mg/kg e 238 mg/kg. Ao avaliar a suplementação entre as diferentes fontes, houve diferença significativa apenas para ganho de peso. Nesse caso, os animais suplementados apresentaram ganho de peso linear para as duas formas de suplementação. Todavia, os maiores efeitos positivos frente a essa mesma variável foram indicados pela menor inclusão de colina herbal.

Ainda segundo Ceron (2015), a partir de análises de contraste, foi observado efeito positivo da colina herbal frente ao GPD dos animais, ao passo que tal efeito não fora apresentado pelo cloreto de colina. O que difere do encontrado no presente estudo, uma vez que tanto a inclusão do cloreto de colina a um nível de 300 mg/kg e 600 mg/kg, quanto da colina herbal a 100 mg/kg e 200 mg/kg, garantiram melhores médias de GPD entre os grupos testados.

Assim como observado no presente trabalho, Ceron (2015) também não encontrara diferenças significativas para a variável CA em animais suplementados com diferentes fontes de colina. Entretanto, neste trabalho foi possível observar maior CRD por parte dos animais presentes nos grupos suplementados, distintivamente do que foi verificado por Ceron (2015) e Qiu et al. (2020), que também não encontraram efeitos significativos da suplementação de colina no consumo de ração.

Outro estudo com leitões, realizado por Russett e colaboradores (1979), demonstrou que não houve efeito significativo da suplementação de colina frente ao GPD e CA dos animais. Contudo, foi possível observar que as necessidades de colina para leitões na fase inicial não excedem o valor de 520 mg/kg. Esta recomendação contradiz com os resultados observados no presente trabalho, visto que a suplementação de colina via 600 mg/kg de cloreto de colina surtiu efeitos positivos no desempenho dos animais, mesmo superando os valores recomendados por Russett et al. (1979).

Para suínos em crescimento e terminação, Smith e colaboradores (1994) observaram que as taxas de crescimento dos grupos suplementados com colina foram iguais ou inferiores às taxas de crescimento do grupo controle. Esta influência limitada da colina frente ao GPD contradiz com os estudos mais recentes, inclusive com os do presente trabalho. Os pesquisadores também observaram que a CA foi pior nos animais que consumiram dietas suplementadas com colina (SMITH et al., 1994). Vale ressaltar que os animais testados estavam em fase distinta em relação aos leitões do presente estudo. Além do mais, o nível de colina suplementado a partir do cloreto de colina foi de apenas 0,02% em relação à composição total da dieta basal fornecida aos suínos.

Estudos com leitões e também frangos de corte discorrem ainda sobre a bioequivalência da colina herbal. Ceron (2015) apontou que 1 unidade de colina herbal equivale a 3,3 unidades de cloreto de colina e Farina (2017) pode concluir que uma unidade de colina herbal equivale a 2,52 unidades de colina supridas na dieta. Estes dados apontam que, além de possuir alto potencial de substituição, as fontes vegetais fornecem maiores níveis de colina disponível.

4.2 Parâmetros sanguíneos

Os resultados encontrados para as variáveis de parâmetros sanguíneos encontram-se na tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos de suínos na fase inicial de creche recebendo dietas com diferentes fontes de colina.

Variáveis	Tratamentos					EPM	Valor de P
	CN	C300	C600	CH100	CH200		
FA (U/L)	301,88	291,63	265,00	281,75	254,25	19,536	0,247
TRG (mg/dL)	37,01	36,55	35,39	36,30	35,16	3,5812	0,924
HM (x10 ⁶ /μL)	6,55	6,60	6,31	6,61	6,68	0,1612	0,694
HG (g/dL)	12,38	12,26	12,03	12,20	12,55	0,2452	0,645
HT (%)	38,39	38,41	37,54	38,49	39,55	0,8406	0,635
VCM (fL)	58,61	58,24	59,53	58,35	59,25	0,7037	0,593
HCM (pg)	18,91	18,59	19,07	18,50	18,81	0,2691	0,519
CHCM (%)	32,26	31,93	32,05	31,70	31,74	0,2379	0,532
RDW (%)	16,93	ab 17,05	ab 16,28	b 17,46	a 17,11	ab 0,263	0,009
LEU (/μL)	12550	13163	12650	12863	14450	800,28	0,387
PLQ (x10 ³ /μL)	376,12	479,13	425	443	477,75	47,8044	0,553

CN: Controle negativo – dieta basal sem a suplementação de colina; C300: Dieta basal com a suplementação de 300 mg/kg de colina via cloreto de colina; C600 - dieta basal com a suplementação de 600 mg/kg de colina via cloreto de colina; CH100 - dieta basal com a suplementação de 100 mg/kg de colina herbal; CH200 - dieta basal

com a suplementação de 200 mg/kg de colina herbal; FA: Fosfatase alcalina; TRG: Triglicérides; HM: Hemácia; HG: Hemoglobina; HT: Hematócrito; VCM: Volume corpuscular médio; HCM: Hemoglobina corpuscular média; CHCH: Concentração de hemoglobina corpuscular média; RDW: Amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos; LEU: Leucócitos totais; PLQ: Plaquetas; EPM: Erro padrão da média; Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem pelo teste de Tukey com $P < 0,05$.

Segundo os resultados obtidos a partir da análise de bioquímica sérica, é possível observar que não houve diferenças significativas para as variáveis FA e TRG analisadas. Os valores encontrados para fosfatase alcalina seguem dentro do intervalo de referência que, segundo Cooper et al. (2014), é de 130 a 513 U/L. Já os valores referenciais para triglicérides em suínos não foram encontrados na literatura consultada.

Dentre as variáveis hematológicas, apenas o valor de RDW, *Red Cell Distribution Width*, apresentou diferenças significativas. Este é um parâmetro que aponta o grau de anisocitose da amostra sanguínea que, por sua vez, informa a heterogeneidade de distribuição do tamanho das hemácias (FAILACE, 2003). Contudo, com exceção do grupo C600, os resultados apresentados para RDW estão de acordo com o referencial para leitões que é de 16,4 a 32,3% (COOPER et al., 2014).

Para as demais variáveis apresentadas não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos e todos os valores dispostos na tabela 4 estão de acordo com as janelas de referência dispostas na literatura. As variáveis analisadas no eritograma encontram-se nos valores referenciais de 5,52 a 9,11 $\times 10^6/\mu\text{L}$ para hemácias, 10 a 16 g/dL para hemoglobina, 28,3 a 42,7% para hematócrito, volume corpuscular médio entre 50 a 68 fL, 16 a 22 pg para hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média entre 30 a 34% e RDW em 16,4 a 32,3% (JAIN, 1993; WEISS, WARDROP, 2000; MEYER, HARVEY, 2004; COOPER et al., 2014). Os parâmetros obtidos no leucograma também seguem os intervalos de referência de 11 a 22 $\times 10^3/\mu\text{L}$ para leucócitos totais e 100 a 900 $\times 10^3/\mu\text{L}$ para plaquetas (JAIN, 1993; WEISS, WARDROP, 2000; MEYER, HARVEY, 2004).

A escassez de resultados estatisticamente diferentes em relação aos parâmetros sanguíneos pode estar relacionada ao curto período de tempo de realização do experimento, 26 dias, e a um n amostral relativamente pequeno, com 80 animais. Nesse sentido, trabalhos similares, porém com distinção na metodologia podem vir a apresentar médias estatisticamente diferentes para as mesmas variáveis.

A partir do pressuposto que níveis insuficientes de colina na dieta resultam em maior liberação de fosfatase alcalina no sangue e redução dos níveis de triglicérides plasmáticos, é possível inferir que, no presente trabalho, não houve interferência dos diferentes tratamentos frente a deficiência de colina. Diante disso, percebe-se que mesmo os grupos suplementados

com menores níveis de inclusão de colina na dieta, independente da fonte, ou com nenhuma suplementação, não apresentaram os padrões séricos esperados em casos de deficiência do nutriente.

Resultados diferentes foram observados por Ceron (2015), cujo estudo mostrou que a inclusão de colina na dieta via 119 mg/kg de Biocholine®, 300 e 600 mg/kg de cloreto de colina, reduziu a concentração de fosfatase alcalina sérica. Além disso, para os grupos sem suplementação de colina observou-se um maior nível de fosfatase alcalina circulante no sangue dos leitões (CERON, 2015). Este é um indicativo de deficiência do nutriente pois, lesões nas membranas celulares hepáticas podem ocorrer quando os níveis de colina estão inadequados. Estas lesões, por conseguinte, propiciam a liberação de fosfatase alcalina na corrente sanguínea.

A ausência de resultados estatisticamente diferentes para a variável triglicérides indica que o cloreto de colina e a colina herbal foram eficazes quanto à síntese da lipoproteína de baixa densidade (VLDL) a partir da lecitina e fosfatidilcolina. O VLDL é o principal transportador de triglicérides plasmáticos. Dessa forma, quando há níveis adequados de VLDL as concentrações de triglicérides presentes na corrente sanguínea são mais adequadas, evitando, por exemplo, a infiltração de gordura no fígado dos animais.

No entanto, não é possível concluir que a suplementação de colina foi o único motivo para atingir os resultados apresentados acima, visto que os grupos sem suplementação alguma do nutriente também apresentaram médias para triglicérides estatisticamente iguais aos grupos suplementados. Isso pode estar associado a elevadas quantidades de ácidos graxos na dieta, aumentando a concentração de triglicérides plasmáticos. No fígado, os ácidos graxos são convertidos em triacilgliceróis e, posteriormente, ligados a lipoproteínas específicas, desse modo formam moléculas de VLDL que, como dito anteriormente, transportam os triglicérides pela corrente sanguínea (NELSON, COX, 2011).

Ceron (2015) observou aumento dos níveis de triglicérides em leitões suplementados com 238 mg/kg de colina via colina herbal 300 mg/kg de colina via cloreto de colina. Entretanto, esses dados não corroboram com o presente trabalho, visto que há semelhança estatística entre grupos suplementados e não suplementados para os níveis de triglicérides. Portanto, não é possível inferir que a inclusão de colina na dieta evitou queda na concentração de triglicérides plasmáticos, um sinal de deficiência do nutriente.

A partir das médias semelhantes entre a maioria das variáveis obtidas com o eritrograma, é possível interpretar que não houve ocorrência de anemia nos leitões. O objetivo deste exame é fornecer a contagem de hemácias, hematócrito, hemoglobina, assim como suas respectivas concentrações e volume para realização do diagnóstico de anemias (ALMEIDA et al., 2007).

Segundo Mc Dowell (2000), suínos expostos a deficiência de colina podem apresentar quadros anêmicos, por isso a relevância do exame. Contudo, no presente estudo, esta condição não foi observada para qualquer um dos grupos, seja com inclusão de colina através do cloreto de colina, colina herbal ou nula.

Os únicos resultados estatisticamente significantes são apresentados pelo parâmetro RDW que, quando expresso em altos níveis, pode estar relacionado à manifestação de anemias, dentre elas a ferropriva (KARNAD, POSKITT, 1985). Entretanto, o valor de RDW disposto pelo grupo C600 está levemente abaixo da janela de referência, segundo Cooper et al. (2014). Sendo assim, não há processo de anisocitose, fator representado pela diversidade de tamanho das hemácias, indicando, mais uma vez, que os animais não apresentaram quadro anêmico.

No que diz respeito às variáveis hematócrito e hemoglobina, os dados apresentados estão de acordo com o estudo de Ceron (2015), que também não observou diferenças significativas entre as médias dos grupos suplementados com cloreto de colina, colina herbal ou sem suplementação.

Considerando os padrões hematológicos, é possível inferir que as dietas experimentais atenderam as exigências nutricionais dos leitões, mesmo para os animais dispostos no grupo sem suplementação de colina, dado que não apresentaram sinais séricos e hematológicos de deficiência do nutriente. Este episódio pode estar relacionado ao nível de colina naturalmente presente nos principais ingredientes utilizados na alimentação dos leitões, como o milho, cuja concentração de colina é em torno de 1.100 mg/kg e o farelo de soja, com 2.916 mg/kg do nutriente (BATALL et al., 2012; MC DOWELL, 2000).

4.3 Viabilidade Econômica

Os resultados encontrados para as variáveis econômicas encontram-se na tabela 5.

Tabela 5. Análise econômica da utilização de diferentes fontes de colina na dieta de suínos na fase de creche.

Variáveis	Tratamentos					EPM	Valor de P
	CN	C300	C600	CH100	CH200		
CR (R\$)	115,22	125,66	130,32	125,34	129,61	4,984	0,015
CT (R\$)	334,95	345,07	349,36	344,39	348,9	12,556	0,016
C/kg (R\$)	16,79	15,58	15,32	15,4818	15,36	0,3385	0,006
RT (R\$)	367,17	381,77	385,55	382,03	385,04	9,0259	0,003
MB (R\$)	69,75	74,22	73,71	75,16	73,65	4,7709	0,755
LE (R\$)	32,23	36,70	36,19	37,65	36,14	4,7709	0,755
RBC	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11	0,01758	0,859

ROI (%)	9,99	10,93	10,81	11,37	10,89	1,7591	0,864
ROIA (%)	0,000	c 9943,46	ab 6122	ab 16177	a 9819,32	ab 2823,59	<0.0001

CN: Controle negativo – dieta basal sem a suplementação de colina; C300: Dieta basal com a suplementação de 300 mg/kg de colina via cloreto de colina; C600 - dieta basal com a suplementação de 600 mg/kg de colina via cloreto de colina; CH100 - dieta basal com a suplementação de 100 mg/kg de colina herbal; CH200 - dieta basal com a suplementação de 200 mg/kg de colina herbal; CR: Custos com ração; CT: Custo total; C/kg: Custo por quilo de leitão produzido; RT: Receita total; MB: Margem bruta; LE: Lucro econômico; RBC: Relação benefício custo; ROI: Retorno sobre o investimento; ROIA: Retorno sobre o investimento do aditivo; EPM: Erro padrão da média; Médias seguidas por letras minúsculas distintas na linha diferem pelo teste de Tukey com $P < 0,05$.

Conforme a tabela é possível observar diferenças estatísticas significativas para as variáveis que abordam os custos produtivos considerados na análise econômica. Os custos com ração foram superiores para os grupos C600 e CH200, concomitantemente, as médias para custo total também foram maiores nestes mesmos tratamentos. Todavia, o custo por quilo de leitão produzido foi maior para o grupo controle, em comparação aos grupos suplementados. A justificativa para tal resultado é em função do menor peso de comercialização (peso aos 26 dias) dos animais do grupo CN, em comparação aos demais.

Já os maiores custos com ração para os grupos suplementados via 600 mg/kg de cloreto de colina e 200 mg/kg de colina herbal estão relacionados ao maior consumo de ração diário dos animais nestes presente, como demonstrado anteriormente, na figura 3. Além do mais, esses tratamentos possuem maior nível de inclusão dos aditivos em comparação aos outros grupos, fator contribuinte para custos mais elevados. Entretanto, o peso dos animais e ganho de peso diário apresentados por C600 e CH200 acompanharam o mesmo comportamento da variável consumo de ração e, dessa forma, também foram maiores no fim do período experimental (figura 1 e 2). Isso demonstra porque, em valores absolutos, houve redução no custo por quilo de leitão produzido junto do aumento na receita total a partir da suplementação de 600 mg/kg de cloreto de colina e 200 mg/kg de colina herbal.

A receita total acompanhou a mesma tendência da variável C/kg. A receita obtida é relacionada ao peso dos animais, dada a comercialização por quilograma produzido, dessa forma, todos os grupos com suplementação de colina apresentaram maiores médias para a receita total, diferindo estatisticamente apenas do controle negativo. Posto isso, apesar dos custos totais para C600 e CH200 serem os maiores dentre os grupos suplementados, o uso dos aditivos não expressou um impacto economicamente negativo, visto que o maior peso dos animais ao fim do experimento gerara maior receita e efeito econômico positivo.

Por outro lado, as variáveis margem bruta, lucro econômico e relação benefício custo não diferiram estatisticamente entre os diferentes grupos. O retorno sobre o investimento também não apresentou médias com diferenças significativas. Contudo, ao analisar o retorno

sobre o investimento com o uso do aditivo, o grupo cuja suplementação foi de 100 mg/kg de colina herbal apresentou as maiores médias.

O retorno ao investimento sobre o uso do aditivo, indicador econômico adaptado para avaliar quanto se obteve de retorno financeiro a partir daquilo que fora investido na suplementação de determinado aditivo, apresentou maior valor no grupo suplementado com 100 mg/kg de colina herbal. Esta observação pode estar relacionada ao maior GPD apresentado pelos animais do grupo CH100 no último período experimental (20-26 dias), fase na qual os índices de ganho de peso foram os maiores em comparação a outros períodos experimentais, assim como comparado ao período total de experimento. Dessa forma, torna-se possível inferir, novamente, que a colina herbal possui potencial substitutivo em relação ao cloreto de colina.

5 CONCLUSÃO

O cloreto de colina pode ser substituído, com potencial, pela colina herbal. Outros estudos a respeito dessa substituição são relevantes, principalmente em relação a outras fases do sistema produtivo de suínos e também para abordagem das exigências nutricionais de colina nas dietas para a espécie.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F.; LOPES, E. L.; NUNES, R. C.; MATOS, M. P. C.; SOBESTIANSKY, J.; FIORAVANTI, M. C. S.; OLIVEIRA, A. P. A.; RUFINO, L. M. Metabolismo do ferro em suínos recebendo dietas contendo fitase, níveis reduzidos de fósforo inorgânico e sem suplemento micromineral e vitamínico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1097-1103, 2007. ISSN 0103-8478.
- BAKER, D.H. **Partitioning of nutrients for growth and other metabolic functions**. Poultry Science. v.70, p. 1797-1805, 1991.
- BATTAGLIA, K. B.; SCHIMMEL, R. J. **Cell membrane lipid composition and distribution: implications for cell function and lessons learned from photoreceptors and platelets**. J Exp Biol. 1997.
- BATAL, A.; DALE, N.; PERSIA, M. **Ingredient Analyses Table: 2012**. Edition: Feedstuffs Magazine Search, v.14, 2012.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição De Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA/FAEPE, 2004. p. 107-108.
- BONA, D. **Biocolina vegetal em substituição ao cloreto de colina na nutrição de poedeiras**. 2020. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2020.
- BRASIL. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. Instrução normativa nº 44, de 15 de dezembro de 2015.
- CALDERANO, A. A.; NUNES, R. V.; RODRIGUEIRO, R. J. B.; CÉSAR, R. A. Replacement of choline chloride by a vegetal source of choline in diets for broilers. **Ciência animal brasileira**. V. 16, n.1, p. 37-44, jan./mar. 2015.
- CANTARELLI, V. S., GARBOSSA, C. A. P., SILVEIRA, H., AMARAL, L. G. M. **Caminhos para produzir o leitão ideal: relações entre nutrição, desenvolvimento e saúde intestinal**. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2014, Vitória. Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.
- CANNAVAL. Jr. R. Saúde animal no consumo de proteína: questão de consciência, de segurança alimentar e de mercado interno e externo. **Suino.com**. 2020.
- CERON, M. S. **Estudo comparativo sobre o desempenho zootécnico e parâmetros sanguíneos de suínos em fase de creche recebendo duas fontes de colina na dieta**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Ensino Zootécnico, Porto Alegre, 2015.
- CHENG, W.; HOLMES-MCNARY, M. Q.; MAR, M.; LIEN, E. L.; ZEISEL, S. H. **Bioavailability of choline and choline esters from milk in rat pups**. J. Nutr. Biochem. 1996.
- COMBS, Jr. G.F. **The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health**. 3th ed. Cornell University, Division of Nutritional Sciences, 2008.

COOPER, C. A.; MORAES, L. E.; MURRAY, J. D.; OWENS, S. D. Hematologic and biochemical reference intervals for specific pathogen free 6-week-old Hampshire-Yorkshire crossbred pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v.5, 2014.

DEL VESCO, A. P.; GASPARINO, E.; OLIVEIRA NETO, A. R.; ROSSI, R. M.; SOARES, M. A. M.; DA SILVA, S. C. C. **Effect of methionine supplementation on mitochondrial genes expression in the breast muscle and liver of broilers**. *Livestock Science*. v. 151, n. 2, p. 284–291, 2013.

DIAS, A. G. F. **Substituição do cloreto de colina por uma fonte vegetal de colina em dietas de frangos**. 2021. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Goiânia, 2021.

FAILACE, R. **Hemograma: manual e interpretação**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 297p.

FARINA, G. **Desempenho de frangos de corte suplementados com diferentes fontes e níveis de colina na dieta**. 2014. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, 2014.

FARINA, G. et al. Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.18, p.1-14, e-37633, 2017.

FITCH SOLUTIONS. **Beef Lags in Post-Covid-19 Meat Consumptions Acceleration**. p.8. 2021. ISSN: 2054-1287.

GANGANE, G.R., et al. **The Comparative effects of synthetic choline and herbal choline on hepatic lipid metabolism in broilers**. *Veterinary World*. 2010.

GOMES, B.; RODRIGUES, R.; ALVES, R.; DIAS, S.; OLIVEIRA, T. **Vitaminas na Nutrição de Monogástricos**. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Tocantins, Tocantins, 2011.

HAND, M. S.; THATCHER, C. D.; REMILLARD, R. L.; RODEBUSH, P.; NOVOTNY, B. J. **Small Animal Clinical Nutrition**. 5. ed. Texas, EUA: Mark Morris Institute, p. 745, 2010.

de la HUERGA, J.; POOPER, H. **Factors influencing choline absorption in the intestinal tract**. *J. Clin. Invest.* 1952.

JADHAV, N. V.; NAGBHUSHANA, V. S. M.; KARTIKESH, S. M. An Evaluation of comparative effects of feeding synthetic and herbal choline on broiler performance, nutrient balance and serum activities. **Veterinary World**. v.1, n.10, p.306-309. 2008.

JAIN, N.C. 1993. **Essentials of veterinary hematology**. Editora Lea & Febiger, Philadelphia, p.417, 1993.

KARNAD, A.; POSKITT, T. R. **The automated complete blood cell count.** Use of the red blood cell volume distribution width and mean platelet volume in evaluating anemia and thrombocytopenia. *Arch Intern Med.* 145(7):1270-2. 1985.

KHOSE, K.; MANWAR, S.; GOLE, M.; INGOLE, R.; RATHOD, P. Replacement of synthetic choline chloride by herbal choline in diets on liver function enzymes, carcass traits and economics of broilers. **Journal of Animal Research.** v.9, n.1, p. 87-93. February, 2019.

LEESON, S.; SUMMERS, J. **Commercial poultry nutrition.** 4 ed. Guelph: University Books, 2001.

LIN, Y. C.; JIANG, Z. Y.; YU, D. Q.; CHENG, Z. G.; JIANG, S. Q. **The effect of dietary choline levels on the performance and blood physiological-biochemical indexes of piglets.** *Feed Industry* 2002.

LISBOA, M. M.; FARIAS FILHO, R. V.; PEREIRA, M. M. S.; SILVA, J. W. D. Uso de Colina na Avicultura. **Revista Eletrônica Nutritime.** Art. 278, v. 11, n. 06, p. 3755- 3759, 2014.

MCDOWELL, L.R. **Vitamins in animal and human nutrition,** 2nd ed. Academic Press, 2000.

MEYER, D. J.; HARVEY, J. W. **Veterinary laboratory medicine,** 3rd ed. Saunders, St Louis. 2004.

MILES, R. D.; RUIZ, N.; HARMS, R. H. **The interrelationship between methionine, choline and sulfate in broiler diets.** *Poultry Science,* 62, 495–498. 1983.
DOI:10.3382/ps.0620495.

NASCIMENTO, R. C. **Avaliação de fonte herbal de colina como alternativa ao cloreto de colina na dieta para cães.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC (US). **Nutrient Requirements of Swine.** Washington: The National Academies Press, 2012.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Lipídeos. In: NELSON, D.L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger.** 5a ed. Porto Alegre: Artmed; p.343-370.2011.

POURREZA, J.; SMITH, W. **Performance of laying hens fed on low sulphur amino acids diets supplemented with choline and methionine.** *British Poultry Science,* 29, 605–611. 1988. DOI: 10.1080/00071668808417087.

QUADROS, A. B. et al. **Dietas simples e complexas sobre o desempenho de leitões na fase de creche.** *Ciência Rural,* v. 32, p. 109-114, 2002.

QIU, Y.; LIU, S.; HOU, L.; LI K; WANG, L.; GAO, K.; YANGX.; JIANG, Z. Supplemental choline modulates growth performance and gut inflammation by altering the gut icrobiota and lipid metabolismo in weaned piglets. **The journal of nutrition: biochemical, molecular, and genetic mechanisms.** 2021. DOI: 10.1093/jn/nxaa331.

REIS, R.S. et al. **Níveis de suplementação de colina na dieta de codornas japonesas em postura**. Ver. Brasileira de agropecuário Sustentável (RBAS), V.2, n.1., p.118-123, 2012.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª Edição. Viçosa: Departamento de Zootecnia, 2017.

RUSSETT, J. C.; KRIDER, J. L.; CLINE, T. R.; UNDERWOOD, L. B. Choline Requirement of Young Swine. **Journal of Animal Science**, v.48, p. 1366-1373, 1979.

RUTZ, F. **Absorção de vitaminas**. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2008, p. 149-166.

SAEED, M.; ALAGAWANY, M.; ARAIN, M. A.; EL-HACK MEA; DHAMA, K. Beneficial impacts of choline in animal and human with special reference to its role against fatty liver syndrome. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**. Volume – 5(5). 2017. DOI: 10.18006/2017.5(5).589.598.

SANTOS, J. L.; PEREIRA, M. M. **Utilização de colina em dietas para monogástricos**. Londrina, PUBVET, V. 4, N. 1, Ed. 106, Art. 716, 2010.

SAS INSTITUTE Inc. **SAS/STAT. User's guide, version 9.2**. Cary: SAS Institute, 2009.

SILVEIRA, H. **Colina herbal é alternativa para suplementar dietas de frango**. O presente rural, 2021. Disponível em: <<https://opresenterural.com.br/colina-herbal-e-alternativa-para-suplementar-dietas-de-frangos/>>. Acesso em 11 de março de 2022.

SINDIRAÇÕES. **Classificações NCM-TEC dos Aditivos e Ingredientes**. 2020.

SMITH, J. W.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TAKACH, M. D.; RICHERT, B. T.; OWEN, K. Q.; BERGSTROM, J. R.; BLUM, S. A. **The effects of supplementing growing-finishing swine diets with betaine and (or) choline on growth and carcass characteristics**. Swine day. p. 158-160. 1994.

TACCONI, R. **Betaina e colina nei mangimi per pollame**. Riv. Avicoltura. v.57, n.9, p.89-92, 1988.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; GOMES, P. C.; LOPES, J. B.; COSTA, L. F.; FERREIRA, V. P. A.; PENA, S. M.; MOREIRA, J. A.; BUSEN, S. Níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2005. DOI: 10.1590/S1516-35982005000100018

TOGHYANI, M; GIRRISH, C.K; WU, S.B; IJI, P.A; SWICK, R.A. **Efeito de níveis elevados de aminoácidos em dietas ricas em farinha de canola sobre as características produtivas e população da microbiota cecal de frangos de corte em um estudo de alimentação em pares**. Poultry Science. v.96, n.5, p.1268-1279. 2017.

VANCE, D. E.; VANCE, J. E. **Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes**. 2. Ed. Elsevier, 2008. P.213-245. 2008.

WEISS, D. D.; WARDROP, K. J. **Schalm's Veterinary hematology**. 6 ed. Wiley-Blackwell. 2000.

WIEDEMAN, M. A. ; BARR, S.I.; GREEN, T. J.; XU, Z.; INNIS, S. M.; KITTS, D. **Dietary choline Intake: Current State of knowledge across the life cycle**. Mdpi Journal Nutrient, v. 10, p. 1513, 2018.

YAO, Z.; VANCE, D. E. **The active synthesis of phosphatidylcholine is required for very low density lipoprotein secretion from rat hepatocy**. J Biol Chem. 1988.

ZEISEL, S. H. et al. Concentrations of Choline-Containing Compounds and Betaine in Commo Foods. **The Journal of Nutrition, Bethesda**, v.133, n.5, p.1302-1307, 2003.