

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO
LEVEDURA NA DIETA DE SUINOS EM CRESCIMENTO
E TERMINAÇÃO**

Acadêmico: Danilo de Souza Sanches

Aquidauana- MS

Fevereiro/ 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO
LEVEDURA NA DIETA DE SUINOS EM CRESCIMENTO
E TERMINAÇÃO**

Acadêmico: Danilo de Souza Sanches

Orientadora: Profa. Dra. Elis Regina de Moraes Garcia

Co-Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”

Aquidauana- MS

Fevereiro/ 2021

S19p Sanches, Danilo de Souza

Período de suplementação de cromo levedura na dieta de suínos em crescimento e terminação / Danilo de Souza Sanches.
– Aquidauana, MS: UEMS, 2021.
54p.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2021.

Orientadora: Prof. Dra. Elis Regina de Moraes Garcia.

1. Mineral orgânico 2. Desempenho 3. Rendimento de carcaça I. Garcia, Elis Regina de Moraes II. Título

CDD 23.ed. – 636.4

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

DANILO DE SOUZA SANCHES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 03/03/2021.



Dra. Elis Regina de Moraes Garcia (Orientadora)



Dr. Danilo Alves Marçal, UNESP
(via videoconferência)



Dra. Gabriela Puhl Rodrigues, SENAR/MS
(via videoconferência)

Dedico esta obra a Deus e aos meus pais, Luiz Carlos Sanches e Tânia Aparecida de Souza Campos, com muito amor, carinho e gratidão. Não tenho palavras para descrever minha felicidade, sou eternamente grato a eles.

Agradecimentos

Primeiramente à Deus, por me conceder saúde, sabedoria e constantes bênçãos em minha vida.

Ao meu Pai, Luiz, e à minha mãe, Tânia, por me ensinarem valores que dinheiro nenhum pode pagar! Agradeço por todos os sacrifícios! Aplausos a vocês! Amo vocês!

Meus irmãos, Talita, Camila, Brenda, Brendon, Lorena e Bruno pelo carinho, amizade e por sempre estarem ao meu lado me incentivando para seguir em frente, amo vocês!

A minha orientadora Profa. Dra. Elis Regina de Moraes Garcia (segunda mãe), pelos valiosos ensinamentos, conselhos, incentivo, confiança, paciência, amizade ao longo de todo o caminho percorrido até o momento e por ser de fundamental importância para meu crescimento pessoal e profissional, sou eternamente grato!

Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Charles Kiefer pelos ensinamentos, paciência, disponibilidade, empenho, generosidade e por ser um grande parceiro para realização do presente trabalho. Sou eternamente grato!

À CAPES, pela bolsa de mestrado, a qual permitiu que eu vivesse com dignidade enquanto desenvolvia parte deste trabalho.

À todos os docentes do programa de Pós-Graduação em zootecnia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

Aos meus colegas do grupo GENAVE (Grupo de Estudos em Nutrição de Aves), Gabrielli Souza, Ademir Oliveira, Bruna Rocha, Eliane Bairros e Ana Paula e as doutorandas Patrícia Santana e Gislaine Andrade.

E aos meus amigos Douglas Nolasco, Felipe de Paula, João Vitor, Elton, Flávio, Felipe Bahamad, Lucas Francis, Matheus Oliveira e Ademir que sempre me apoiaram e incentivaram.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Estrutura química do cromo	2
2.2. Absorção, transporte e excreção.....	3
2.3. Sinalização da insulina	4
2.4. Papel do cromo no metabolismo	6
2.5. Mecanismo de ação do cromo	8
2.6. Cromo na alimentação de suínos	10
3. OBJETIVOS	13
3.1 Objetivos gerais.....	13
3.2. Objetivos específicos	13
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO 2- Período de suplementação de cromo levedura na dieta de suínos em crescimento e terminação	23
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
CONCLUSÃO.....	32

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPÍTULO 3- CONSIDERAÇÕES FINAIS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo simplificado da via de sinalização da insulina a partir da ativação do receptor de insulina na célula do músculo esquelético	5
Figura 2. Substância de baixo peso molecular ligado ao cromo (SBMCR)	7
Figura 3. Mecanismo proposto de ação do cromo na célula	9

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Condições ambientais no interior do galpão durante as fases experimentais	39
Tabela 2. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais fornecidas dos 25 aos 110 kg.....	39
Tabela 3. Desempenho de suínos machos castrados, dos 25 aos 110 kg, alimentados com dietas suplementadas com cromo levedura	40
Tabela 4. Características de carcaça de suínos machos castrados alimentados com dietas suplementadas com cromo levedura, dos 25 aos 110 kg	41

RESUMO

O cromo é considerado um nutriente essencial por atuar no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e da proteína. Sua deficiência nutricional pode causar intolerância à glicose, aumentar a insulina, o colesterol e os triacilgliceróis circulantes, elevar a proporção de gordura e reduzir a de proteína corporal em suínos. Desta forma, o presente estudo foi realizado com objetivo de avaliar o período de suplementação de cromo levedura no desempenho e nas características quantitativas da carcaça de suínos em crescimento e terminação. Utilizou-se 80 suínos (Duroc / Pietran x Large White / Landrace), machos castrados, com peso inicial de $24,5 \pm 2,4$ kg e final de $111,2 \pm 4,4$ kg. Adotou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro períodos de suplementação de cromo levedura (dieta controle: isenta de cromo levedura, dos 25 aos 110 kg; Cr25-110 kg: dieta com $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo levedura dos 25 aos 110 kg; Cr50-110 kg: dieta com $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo levedura dos 50 aos 110 kg e Cr70-110 kg: dieta com $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo levedura dos 70 aos 110 kg), com dez repetições e dois animais por unidade experimental. A suplementação de cromo levedura não alterou ($P>0,05$) o peso final, consumo de ração, lisina digestível, proteína bruta e energia metabolizável diários, ganho de peso diário, a conversão alimentar, o peso de carcaça quente, comprimento de carcaça, espessura de toucinho, profundidade de músculo, percentual e quantidade de carne magra e o índice de bonificação de suínos em crescimento e terminação. Conclui-se que a suplementação de $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo levedura na dieta de suínos em crescimento e terminação (25 a 110 kg) não altera o desempenho e as características quantitativas de carcaça.

Palavras-chave: Aditivos; desempenho; espessura de toucinho; mineral orgânico; rendimento de carcaça.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the period of chromium yeast supplementation in the performance and quantitative characteristics of the carcass of growing and finishing pigs. Eighty pigs (Duroc / Pietran x Large White / Landrace), castrated males, with initial weight of 24.5 ± 2.4 kg and final weights of 111.2 ± 4.4 kg were used. The animals were distributed in a randomized block design with four periods of yeast chromium supplementation (control diet: yeast chromium-free, from 25 to 110 kg; Cr25-110 kg: diet with 0.4 mg kg⁻¹ of chromium yeast from 25 to 110 kg; Cr50-110 kg: diet with 0.4 mg kg⁻¹ of chromium yeast from 50 to 110 kg diet; and Cr70-110 kg: diet with 0.4 mg kg⁻¹ of chromium yeast from 70 to 110 kg), with ten replicates and two animals per experimental unit. The supplementation of chromium did not significantly affect ($P>0.05$) the body weight, feed intake, digestible lysine, crude protein, daily metabolizable energy, daily weight gain, feed conversion, hot carcass weight, carcass length, backfat thickness, muscle depth, percentage and amount of lean meat and bonification index. It was concluded that the supplementation of 0.4 mg kg⁻¹ of yeast chromium in the diet of growing and finishing pigs (25 to 110 kg) does not alter the performance and the quantitative carcass characteristics.

Keywords: Additives; performance; backfat thickness; organic mineral; carcass yield;

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O cromo é considerado um nutriente essencial (PECHOVA & PAVLATA, 2007) por atuar no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e da proteína (OHH et al., 2005). É um componente do “fator de tolerância à glicose”, que aumenta a sinalização de insulina e estimula a captação de glicose e aminoácidos por células-alvo (AMATA, 2013). A deficiência nutricional pode causar intolerância à glicose, aumentar a insulina, o colesterol e os triacilgliceróis circulantes, elevar a proporção de gordura e reduzir a de proteína corporal em suínos (PECHOVA & PAVLATA, 2007).

As principais tabelas de exigências nutricionais NRC (2012), BLAS et al., (2013) e ROSTAGNO et al., (2011; 2017) não apresentam recomendação nutricional de cromo para os suínos. É importante salientar que os resultados da suplementação de cromo no desempenho, nas características de carcaça e na qualidade de carne dos suínos têm sido inconsistentes e inconclusivos (CHIBA, 2013).

No entanto, há evidências de que a suplementação de cromo nas dietas de suínos pode melhorar o sistema imunológico (TIAN et al., 2014; WANG et al., 2007), o metabolismo de proteína e gordura (UNTEA et al., 2017), otimizando o ganho de peso e a conversão alimentar (PERES et al., 2014; LI et al., 2013), as características de carcaça (JACKSON et al., 2009; PARK et al., 2009; WANG et al., 2014) e a qualidade da carne (LI et al., 2013).

Vários estudos têm constatado efeitos positivos do cromo no aumento do ganho de peso, consumo de ração e na deposição de proteína muscular e redução da deposição de gordura (SALES & JANCÍK, 2011; LI et al., 2013; PERES et al., 2014; UNTEA et al., 2017; CARAMORI JUNIOR et al., 2017), mas outros não demonstraram melhoria nessas características com a suplementação (TIAN et al., 2014; TIAN et al., 2015; MARCOLA et al., 2017).

Vários fatores, como a fonte e a concentração de cromo na dieta, tempo de suplementação, estado nutricional e de saúde, estresse e estado imunológico do rebanho, categoria e genética podem estar envolvidos na variação do desempenho geral observada nos suínos (RODRIGUES et al., 2020; AMATA, 2013). Apesar dos

diversos estudos com o cromo sobre o desempenho e características de carcaça de suínos, poucos trabalhos foram os que avaliaram uma fonte de cromo levedura.

Em relação ao tempo de suplementação, RODRIGUES et al., (2020) verificaram que a suplementação de cromo levedura na dieta de suínos na fase de terminação por um período reduzido (29 dias) não melhorou o desempenho dos animais. Por outro lado, Caramori Junior et al., (2017) observaram que com o aumento do período de suplementação para 66 dias, a inclusão de cromo proporcionou aumento da profundidade de músculo.

Essas respostas levantam a hipótese de que o aumento do período de suplementação de cromo poderia melhorar o desempenho e as características de carcaça dos suínos. É importante salientar que não há muitas informações na literatura sobre o período de suplementação de cromo e suas respostas sobre as variáveis de desempenho e características de carcaça.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estrutura química do cromo

O cromo é um metal de transição de massa atômica de 56u, número atômico 24, sólido em temperaturas ambiente e de baixa volatilidade (TABELA PERÍODICA COMPLETA, 2020). Predominantemente, se encontra nas valências +2 (Cr+2), +3 (Cr+3) e +6 (Cr+6), entretanto, nos alimentos se apresenta na forma trivalente (Cr+3) que é o estado de oxidação de maior estabilidade química (GARCÍA, 2004) e a forma mais segura (LINDEMAN, 1996), e que está envolvida no metabolismo das proteínas, carboidratos e lipídeos (MERTZ, 1993).

Os primeiros relatos do cromo como mineral essencial foram divulgados em 1959 por meio de experiências com ratos (SCHWARTZ & MERTZ, 1959) e, em seguida, em humanos que apresentavam quadros de deficiência de cromo e os efeitos da sua suplementação em meio a nutrição parenteral e intolerante a glicose (MERTZ, 1993; JEEJEBHOY et al., 1977). Mesmo o cromo sendo estudado por muito tempo, suas funções no metabolismo ainda são questionadas, porém, há evidências de sua essencialidade no metabolismo de carboidratos e lipídeos (YAMAMOTO et al., 1987).

2.2. Absorção, transporte e excreção

As fontes de cromo presentes nas dietas dos animais podem estar na forma de complexos inorgânicos ou orgânicos. O cromo elementar não possui valor nutricional e não é absorvido (DUCROS, 1992). Dentre as valências que se encontra o cromo, a taxa de absorção é maior em fontes hexavalentes (Cr + 6) quando comparado as trivalentes (Cr + 3) devido sua melhor diluição em nível intestinal, porém, antes de chegar ao local de absorção no intestino delgado a maior parte do Cr+6 aparenta ser reduzido a Cr+3 (DOISY et al., 1976; DUCROS, 1992).

O cromo é absorvido em quantidades muito pequenas na mucosa intestinal e nesse segmento compete com o ferro por um sítio de ligação pela transferrina, que é considerado o principal agente fisiológico de transporte de cromo para tecidos sensíveis à insulina (VINCENT, 2000). Estudos realizados por Mackenzie et al., (1959) em ratos, demonstraram que o nível de cromo no sangue é aumentado de três a cinco vezes quando os animais são suplementados com Cr + 6. Em ratos, o local mais ativo de absorção é no jejuno, ao passo que, no duodeno e íleo são menos eficientes (CHEN et al., 1973).

Nos suínos, a absorção de cromo na forma inorgânica é muito baixa, variando de 0,4 a 3%, porém, as formas orgânicas deste mineral são mais eficientemente aproveitadas pelos não ruminantes. Nesse caso, a absorção ocorre quando o mineral se liga a borda em escova sendo absorvido pela célula epitelial ou o agente orgânico é absorvido levando junto a si o metal. Dessa forma, a biodisponibilidade dos minerais orgânicos é maior, pois como usam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, evitam a interação com outros minerais (KIEFER, 2005).

Alguns fatores podem aumentar a absorção de cromo do alimento, como a presença de aminoácidos, níveis elevados de carboidratos, o ácido ascórbico, oxalatos e aspirina, por outro lado, a presença de fitatos e antiácidos (bicarbonato de sódio e hidróxido de magnésio) reduzem as concentrações de cromo no sangue e nos tecidos (HUNT & STOECKER, 1996).

O cromo absorvido se liga a β -globulina no sangue e é transportado para tecidos ligados à transferrina ou outros complexos fisiológicos. A transferrina é um

receptor sensível a insulina, que em concentrações elevadas no sangue estimula o transporte de receptores transferrina das vesículas do interior das células para a membrana plasmática. Os receptores transferrina liberam cromo que posteriormente serão captados por apocromodulina, formando assim a cromodulina. O cromo circulante é absorvido rapidamente e depositado em vários tecidos do organismo sem um local específico, no entanto, em ratos pode ser armazenado no fígado, rim, baço, ossos, epidídimo e em maior concentração no coração e rins (PECHOVA & PAVLATA, 2007).

Sua excreção é realizada em maior quantidade via urina por filtração glomerular ou ligado a um transportador orgânico de baixo peso molecular. Em menor proporção, também é eliminado através do cabelo, transpiração e bile (PECHOVA & PAVLATA, 2007) .

Em humanos a taxa de absorção de cromo é relativamente baixa, sendo aproximadamente 0,5%, considerando a ingestão média diária de 62-85 µg/dia e a quantidade excretada na urina é de 0,22 µg/dia (PECHOVA & PAVLATA, 2007). A excreção de cromo via sistema urinário, pode ser afetado por situações estressantes, dietas com elevados níveis de carboidratos, estes podendo aumentar de 10 a 300 vezes a excreção do mineral (ANDERSON, 1998), bem como a fonte de suplementação (JUTURU et al., 2003).

2.3. Sinalização da insulina

A insulina é um hormônio anabólico potente que regula o metabolismo de glicose, lipídeos e proteína. Apresenta funções pleiotrópicas que estimulam a expressão de genes e mitogênese, em mamíferos é o principal hormônio responsável por manter a homeostase da glicose em vários níveis. Reduz a produção hepática de glicose, por meio da diminuição de gliconeogênese e glicogenólise, ao passo que, eleva a captação periférica de glicose pelos tecidos muscular e adiposo. A insulina promove a síntese e inibe a degradação proteica, e também é capaz de reduzir a lipólise e estimular a lipogênese no fígado e nos adipócitos (CARVALHEIRA et al., 2002; KREJPCIO, 2013).

O mecanismo de sinalização de insulina é iniciado quando a insulina se liga ao seu receptor celular que ativa a captação de glicose para o interior da célula, que posteriormente será aproveitada como combustível metabólico ou

armazenada na forma de glicogênio, qualquer dano na via de sinalização de insulina desencadeia o quadro de resistência à insulina. As células sensíveis à insulina compõem o tecido muscular, adipócitos, cérebro e fígado (KREJPCIO, 2013).

A glicose não se difunde através da membrana, pois seu peso molecular é 180 g/mol, e o máximo permeável é cerca de 100 g/mol. Então, seu peso molecular impede sua passagem para o interior da célula através de difusão simples. Dessa forma, a glicose é transportada para o interior da célula através de dois mecanismos, o transporte facilitado, mediado pelos transportadores de membrana específicos (GLUT4) ou pelo co-transporte com íon sódio (KREJPCIO, 2013).

A ação da insulina em determinada célula é descrita simplificada por krejpcio (2013) na Figura 1. Primeiramente a insulina se conecta a um receptor de membrana específico, neste local de ligação a subunidade α do receptor de membrana promove uma alteração no formato da subunidade β , provocando uma sequência de sinais intracelulares por meio de diferentes vias de disseminação.

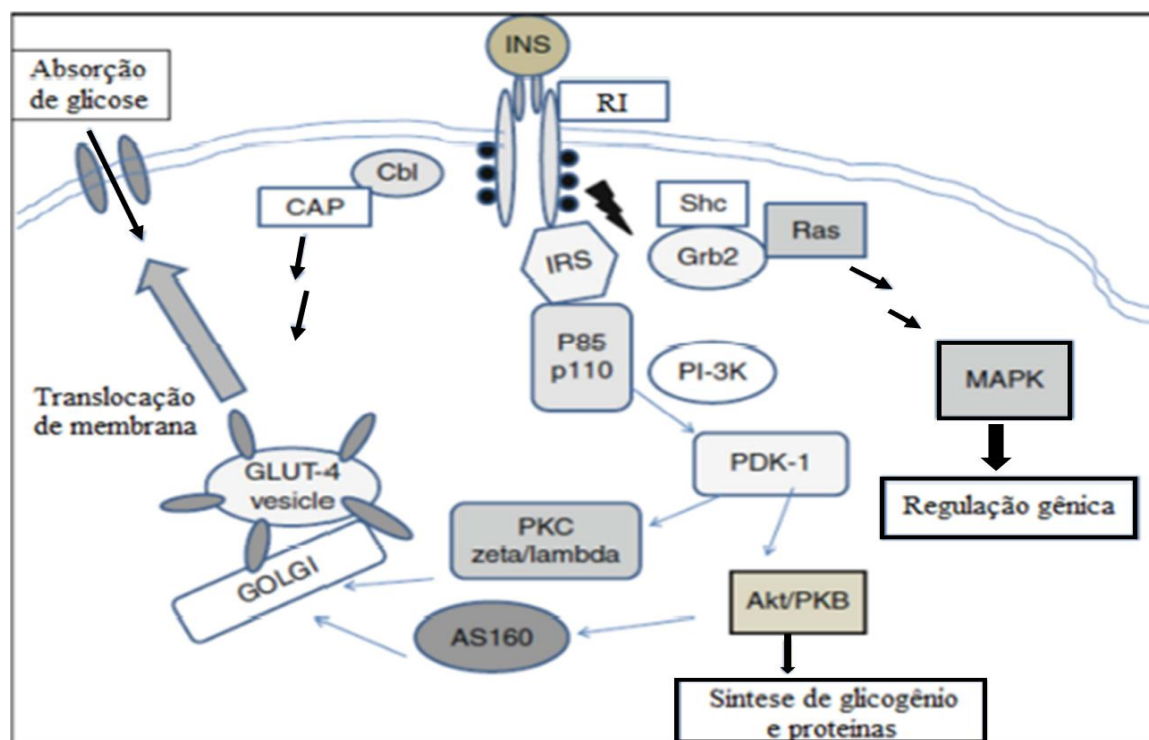


Figura 1. Modelo simplificado da via de sinalização da insulina a partir da ativação do receptor de insulina na célula do músculo esquelético. Fonte: Krejpcio (2013). INS – insulina; RI – receptor de insulina; IRS – substrato do receptor de insulina; P85/p110 – subunidades de PI3K quinase; Cbl - protooncogene Cbl; CAP – proteína adaptadora CAP; SHC – proteína homóloga ao SRC presente no colágeno; GRB2 – molécula adaptadora GRB2; RAS – proteína RAS; MAPK – proteína-quinases ativadas por mitógenos; PI-3K - fosfatidilinositol- 3-quinase; Akt/PKB – via de sinalização

da proteína quinase B; PDK-1 – proteína quinase dependente de fosfoinosítídeos-1; PKC – proteína quinase C; AS160 – proteína AS160.

Dentre essas, a via fosfatidilinositol 3- quinase/Akt (PI-3K/AKT) é a mais relevante para o metabolismo da insulina, e conseqüentemente, do cromo. A PI 3-quinase é importante na regulação da mitogênese, diferenciação celular e transporte de glicose estimulado pela insulina (KREJPCIO, 2013).

A via PI-3K / AKT envia sinais para o complexo de Golgi para encaminhar as proteínas GLUT 1 - 4 transportadoras de glicose até a membrana plasmática. A ativação de AKT promove a translocação de vesículas de GLUT- 4 do músculo e tecido adiposo para se ligar e se fundir a membrana plasmática, facilitando o transporte de glicose por difusão facilitada pelo transportador, potencializado pela ligação de insulina ao RI (receptor de insulina). A potencialização da ligação da insulina ao seu receptor, ativação de quinases durante a cascata ou o bloqueio da desfosforilação do receptor da insulina, podem aumentar significativamente a sinalização da insulina (CAVALHEIRA et al., 2002; KREJPCIO, 2013).

2.4. Papel do cromo no metabolismo

O papel do cromo no metabolismo é intensificar a absorção de glicose pelos tecidos vivos (DAVIS & VINCENT, 1997), ativar certas enzimas e estabilizar algumas proteínas e ácidos nucleicos (ANDERSON, 1994) e, principalmente, é um elemento essencial para formação da molécula descrita como fator de tolerância à glicose (GTF) (MERTZ, 1993). Posteriormente este termo foi desacreditado devido a falhas experimentais (VINCENT, 2013). Outros estudos desde então isolaram um oligopeptídeo contendo cromo e desenvolveram o termo “substância ligante de cromo de baixo peso molecular” (LMWCr, posteriormente nomeada Cromodulina) (YAMAMOTO et al., 1981).

A cromodulina é um oligopeptídeo de baixo peso molecular (Figura 2) composta de cisteína, glicina, glutamato e aspartato, e está intimamente ligada ao cromo e envolvida no metabolismo da glicose (YAMAMOTO, et al., 1987). É conhecido que na ausência de Cr a molécula de cromodulina é inativa (HOSSAIN et al., 1998).

A cromodulina exerce papel na amplificação da sinalização da insulina. A diminuição na deposição de tecido adiposo e aumento do tecido muscular podem ser decorrentes do efeito da cromodulina sobre a insulina que contribui para maior

captação de aminoácidos pelas células musculares, o que inibi a danificação ou catabolismo das proteínas do corpo favorecendo o maior aporte de proteína disponível para síntese de tecido (KAATS et al. 1998). A estimulação é essencialmente dependente do nível de cromodulina (YAMAMOTO et al. 1989).

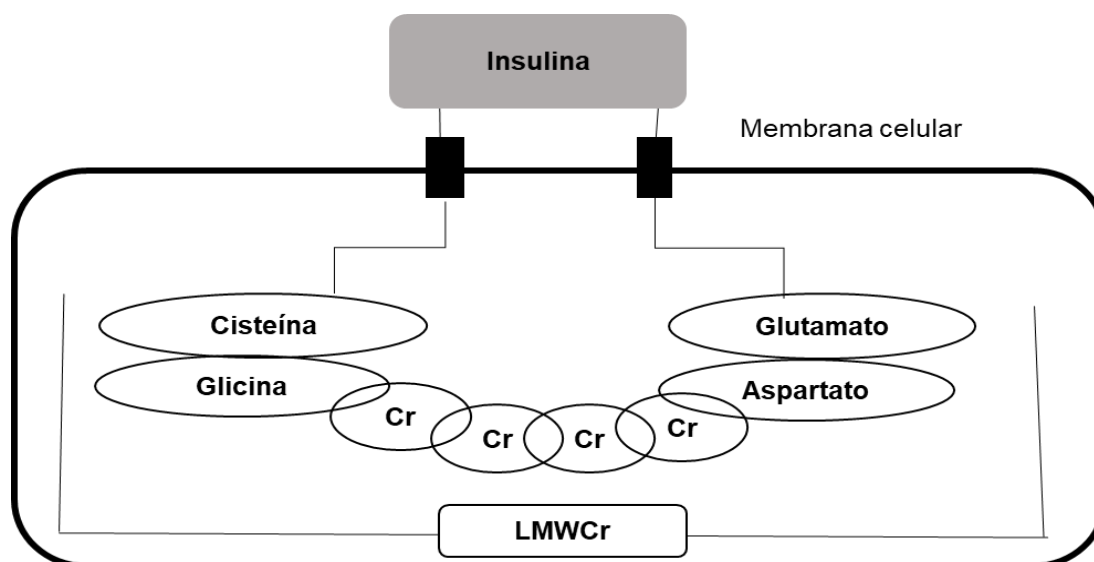


Figura 2. Substância de baixo peso molecular ligada ao cromo (SBMCR). Fonte: Adaptado de Vincent (2000).

A insulina estimula a síntese de ácidos graxos que consequentemente induz a uma nova lipogênese, segundo Kaats et al. (1998) a suplementação de cromo reduz o tecido adiposo através da reversão da ação da insulina sobre a síntese de ácido graxos, uma vez que, isso reflete em uma atividade coordenada da lipólise e inibição da lipogênese, reduzindo assim, o armazenamento de triglicerídeos mediados pela insulina.

Referente a relação do cromo com o metabolismo de proteína, Evans e Bowman (1992) demonstraram aumento de captação de aminoácidos (Leucina) e glicose por células de músculo esquelético de ratos que foram cultivadas em meio que continha picolinato de Cromo. Esta alteração na absorção de nutrientes foi associada a variação dos parâmetros de insulina e pelo cromo dependente. Essas observações podem explicar o efeito da tolerância a glicose, bem como o aumento na porcentagem do músculo esquelético relatado pelos pesquisadores.

O aumento no potencial de captação de aminoácidos pelas células musculares é benéfico para a deposição de proteína total. Roginski e Mertz (1969) afirmam que suplementação de cromo intensifica a deposição de aminoácidos em

proteínas do coração e contribui para absorção de aminoácidos pelos tecidos de ratos.

2.5. Mecanismos de ação do cromo

O cromo facilita a junção da insulina com seu receptor favorecendo a fluidez da membrana celular, elevando a receptividade da célula a glicose (EVANS & BOWMAN, 1992). Também é descrito que o cromo atua sobre o mecanismo de amplificação da sinalização celular da insulina, estimulando a atividade e potencializando as ações da mesma, facilitando a ligação insulina- receptor da superfície da célula (VINCENT, 1999; MORRIS, 1993).

A mobilização da glicose da circulação para os tecidos periféricos é realizada mediante a participação do cromo, que é um cofator desse mecanismo. O cromo potencializa a atividade anabólica da insulina e regula os níveis sanguíneos de glicose. A insulina se liga a uma subunidade externa de proteína transmembrana receptor de insulina, causando alteração de sua estrutura, então proporciona a absorção e o metabolismo celular da glicose facilitando sua remoção do sangue. A glicose captada pela célula é usada como fonte de energia, associada ao hormônio do crescimento (GH) e um fator de crescimento insulínico (IGF-I) contribuem para a produção de proteínas que atuam na manutenção e função dos órgãos (LINDER, 1985).

O modelo proposto por Vincent (2000) explana a ação da cromodulina como integrante do sistema de sensibilização da insulina, sendo este armazenado na forma de apo no citosol e núcleo de células sensíveis a insulina. O aumento do nível de insulina na circulação sanguínea pode provocar duas situações concomitantes: aumento da atividade da transferrina sobre a mobilização do cromo para célula alvo, ou estimula a mobilização de receptores de transferrina através de vesículas intracelulares para se ligarem a membrana. Desta forma, a transferrina saturada com cromo associa-se a seus específicos receptores e o complexo formado é internalizado por endocitose. Esse complexo é digerido em nível intravesicular devido o pH ácido do meio e o cromo é liberado para o citosol. Para a forma cromodulina tornar-se ativa, quatro íons de Cr^{+3} liga-se a apocromodulina convertendo-a em cromodulina, que se une ao sítio ativo no receptor insulínico e finalmente completando a ativação e amplificando o sinal da insulina (Figura 3) (VINCENT, 2000; SUN et al., 2000).

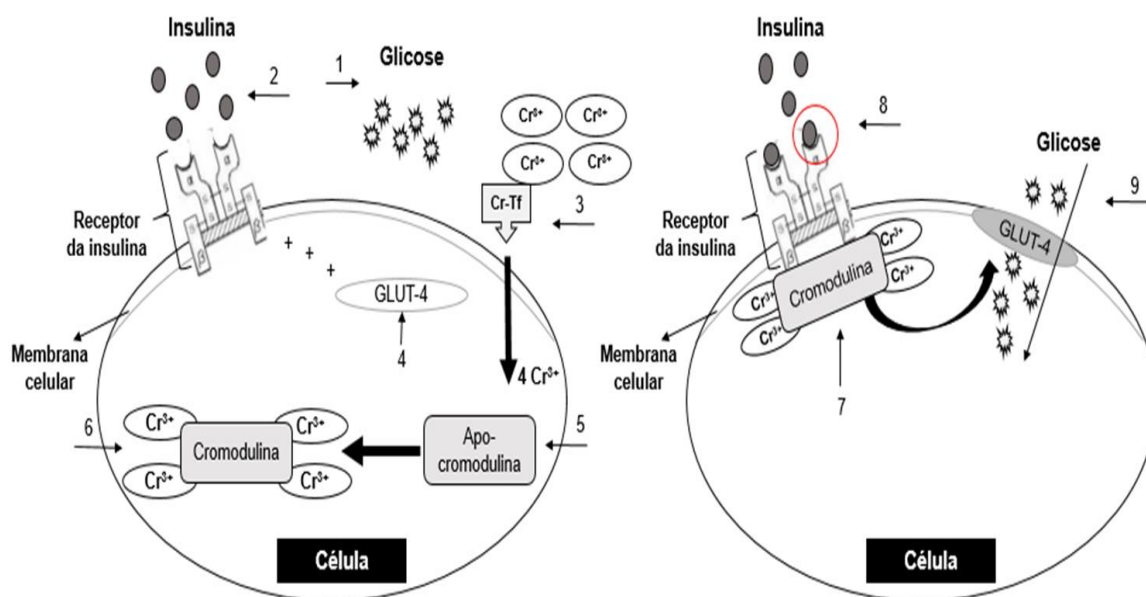


Figura 3. Mecanismo proposto de ação do cromo na célula. Em resposta a um aumento de glicose no sangue (1), a Insulina é secretada na circulação (2), tal fato, estimula um aumento da mobilização de cromo para células-alvo, principalmente mediadas por transferrina (3). A GLUT-4 permanece inativa no interior da célula sem realizar o transporte de glicose (4) e a cromodulina estocada se encontra na forma apo (5). Posteriormente, quatro íons de Cr^{3+} se unem à apocromodulina tornando-a ativa na forma de cromodulina (6). Esta se liga ao local ativo no receptor de insulina (7), completando a ativação e amplificando o sinal de insulina (8). Uma série de reações simultâneas de fosforilação ocorrem o que estimula a translocação de GLUT4 para a membrana plasmática, promovendo a absorção de glicose (9). Fonte: Adaptado de Vincent (2000).

O potencial de ativação da cromodulina é específica para o cromo. Outros metais de transição que são associados a sistemas biológicos, são ineficazes na potenciação da capacidade de apocromodulina em ativar a atividade de quinase. Da mesma forma, os próprios íons metálicos (na ausência de apocromodulina) são ineficientes na ativação da atividade quinase dependente de insulina. Desta forma, a ação da cromodulina de potencializar os efeitos da insulina sobre a atividade da proteína tirosina quinase dependente do receptor de insulina é específica ao cromo, e está diretamente ligada ao teor de cromo da cromodulina (VINCENT, 2000).

O cromo é essencial para a ativação de algumas enzimas, ácidos nucleicos e estabilização de proteínas (LINDER, 1985), e também pode atuar como antioxidante. Este micromineral pode potencializar a lipogênese a partir da glicose e depositar os lipídeos no fígado e no tecido adiposo.

A ação antioxidativa do cromo é atribuída ao aumento da atividade de superóxido dismutase e capacidade antioxidante total, bem como, a redução do nível de cortisol sérico em suínos submetidos a estresse, que consequentemente

eleva as concentrações séricas de imunoglobulinas (IgA, IgM e IgG), refletindo diretamente na melhora da imunidade dos animais (TIAN et al., 2014).

2.6. Cromo na alimentação de suínos

A suplementação de cromo pode influenciar positivamente o desempenho e características quantitativas de carcaça de suínos, devido aos seus mecanismos de ação, tais como: manter a homeostase da glicose, potencializar a insulina em metabolizar gordura, aumentar a captação de glicose e aminoácidos para síntese proteica (AMATA, 2013), atuar na conversão do açúcar em energia (ZHANG et al., 2011) utilizar carboidratos e lipídios no transporte de aminoácidos proporcionando redução na taxa de degradação proteica (DEBSKI et al. 2004).

Além disso, o cromo pode elevar a passagem de GLUT4 proporcionando o deslocamento de glicose estimulada pela insulina. Em nível celular, esses efeitos são consistentes com estudos vivo, em que, após a suplementação de cromo, os níveis de colesterol foram diminuídos e observada melhor tolerância à glicose (BAFFA, 2014).

A melhora da tolerância à glicose em suínos foi observada por Guan et al., (2000) que ao suplementarem os animais durante 30 dias com $0,2 \text{ mg/kg}^{-1}$ de cromo complexado a levedura, evidenciaram um aumento da concentração basal de insulina no plasma sanguíneo seguida de redução dos níveis plasmáticos de glicose. A insulina induz a translocação da glicose do meio intracelular de armazenamento para a superfície celular, facilitando sua captação e aproveitamento por células musculares esqueléticas e pelo tecido adiposo, fazendo com que, os níveis de glicose plasmáticos sejam reduzidos. Porém, o desempenho dos animais não foi alterado.

Há evidências de que as respostas da suplementação de cromo são baseadas no nível de inclusão, período de suplementação do mineral (LINDEMANN et al., 1995), estado nutricional dos animais em termos de cromo e outros nutrientes (LIMA & GUIDONI, 1999), composição da dieta, efeitos ambientais, fatores de gestão (LINDEMANN et al., 2007) e pela diferença de biodisponibilidade entre fontes orgânicas e inorgânicas de cromo (CARAMORI JUNIOR et al., 2017).

As fontes de cromo mais utilizadas nas pesquisas com suínos são as orgânicas (picolinato de cromo, cromo metionina, cromo nanopartícula e cromo

levedura) devido a sua maior absorção em comparação as fontes inorgânicas sendo a mais utilizada cloreto de cromo (ABREU, 2017).

As principais tabelas de exigências nutricionais NRC (2012), BLAS et al., (2013) e ROSTAGNO et al., (2011; 2017) não apresentam recomendação nutricional de cromo para suínos, embora a melhora dos parâmetros de desempenho e características de carcaça são relatadas na literatura quando os animais são suplementados com níveis entre 0,2 a 0,9 mg/kg⁻¹ (LIEN et al., 2001; LI et al., 2013; TIAN et al., 2014).

Ao investigar a suplementação de níveis crescentes (0,3; 0,6; 0,9 mg/kg⁻¹) de cromo metionina para suínos machos castrados em terminação (75 a 100 kg), Li et al., (2013) demonstraram que 0,9 mg/kg⁻¹ de cromo metionina proporcionou aumento sobre as variáveis de ganho de peso e consumo de ração, sendo 20 e 26% maior em relação ao controle, respectivamente.

O aumento de consumo diário de ração também foi observado por Gebhardt et al., (2019), ao avaliar o efeito isolado do picolinato de cromo (0,2 mg/kg⁻¹) em suínos de 27 a 130 kg. Incluindo 0,2 mg/kg⁻¹ de cromo metionina na dieta de suínos de 60 a 107 kg, Peres et al., (2014) constataram um aumento de aproximadamente 5% e 7% de ganho de peso e taxa de conversão alimentar, respectivamente, quando comparado a dieta sem cromo.

Por outro lado, Tian et al., (2014) não observaram efeitos sobre o desempenho de suínos mestiços (30 a 50 kg) suplementados com cromo-metionina (0,8 mg/kg⁻¹) por 35 dias, entretanto, a redução de consumo de ração diária foi observada sem influenciar outras variáveis de desempenho, quando Almeida et al., (2010) analisaram a suplementação de 0,4 mg/kg⁻¹ de cromo metionina em suínos de 60 a 107 kg de peso corporal. Matthews et al., (2005) não evidenciaram a melhoria do desempenho de suínos em terminação (73 a 115 kg de peso corporal) suplementados com 0,2 mg/kg⁻¹ propionato de cromo durante 54 dias.

Estudos recentes ainda não obtiveram uma resposta conclusiva do cromo no desempenho de suínos. Nenhum efeito sobre o ganho de peso e consumo de ração foi observado por Wang et al., (2014), ao suplementar suínos com 100, 200 ou 400 µg / kg de cromo nanopartícula durante 35 dias (65 a 94 kg), por outro lado, Xu et al., (2017) alimentando suínos com cromo metionina ou uma combinação de sulfato de zinco e um complexo de zinco durante três fases (30-50, 50-80 e 80-110 kg), evidenciaram melhoria na conversão alimentar para fases 2 e 3 e período total.

É importante observar que a fonte de cromo entre os estudos é diferente, e também o período de suplementação, em que, o primeiro suplementou por um curto período e o último por um longo período de tempo e com peso inicial menor. Conforme os suínos se desenvolvem se tornam mais resistentes à insulina, e o cromo suplementado por um período prolongado poderia de fato potencializar a ação metabólica da insulina na captação de glicose na célula.

Ao investigar o efeito isolado de Propionato de cromo ($0,2 \text{ mg/kg}^{-1}$) na alimentação de suínos (fases de crescimento e terminação) alojados em ambiente comercial, Gebardht et al., (2019) não encontraram efeito sobre as variáveis de peso de carcaça quente, profundidade e rendimento de carcaça, ao passo que, Zhang et al., (2011) também não evidenciaram influência da suplementação com picolinato de cromo $0,2$ e $0,4 \text{ mg/kg}^{-1}$ sobre o rendimento de carcaça e a espessura de toucinho de suínos nas fases de crescimento e terminação.

No entanto, Lien et al., (2001) estudaram a suplementação de 0 , $0,2$ e $0,4 \text{ mg/kg}^{-1}$ de cromo na forma orgânica (cromo picolinato) na alimentação de suínos por 90 dias e obtiveram resposta positiva sobre espessura de gordura (redução de $13,7\%$) e um aumento de $17,1 \%$ na área de olho de lombo quando utilizado o nível $0,4 \text{ mg/kg}^{-1}$ de cromo.

Realizando uma meta-análise utilizando resultados de 31 trabalhos, em que o cromo foi adicionado em dietas como aditivo alimentar nas formas de cromo metionina quelato, nicotinamida, tripicolinato, propionato, nanocomposição de cromo e cromo levedura, Sales & Jancik (2011) demonstraram que as diferenças no período de suplementação, dosagens e conflitos de resultados dificultaram o estudo, porém observaram pouco efeito positivo sobre o ganho de peso, mas não evidenciaram efeito sobre o consumo diário de ração. A suplementação de cromo não influenciou a cor da carne e força de cisalhamento, por outro lado, houve diminuição da porcentagem de gordura na carcaça com o aumento dos níveis de cromo.

O tempo de suplementação é um fator essencial que determina a resposta do suíno quando suplementado com cromo. De acordo com Evok-Clover et al., (1993) e Mooney & Cromwell (1997), há poucas evidências do efeito do uso de cromo como aditivo alimentar em períodos relativamente curtos, ou seja, durante o início do desenvolvimento do animal. Segundo Guan et al., (2000) especula-se que a suplementação de Cromo levedura em suínos pode aumentar por um longo

período a utilização de glicose pelo animal e melhorar a taxa de deposição de proteína muscular.

3. Objetivos

3.1. Objetivos geral

Avaliar o período de suplementação de cromo levedura sobre o desempenho e características quantitativas da carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação.

3.2. Objetivos específicos

- Estudar os efeitos da suplementação de cromo levedura sobre o consumo de ração, lisina digestível, proteína bruta, energia metabolizável diários, ganho de peso e conversão alimentar.
- Analisar se a utilização de cromo levedura na forma de aditivo comercial, contribui com a melhora do comprimento de carcaça quente, espessura de toucinho, profundidade de músculo, percentual e quantidade de carne magra e o índice de bonificação de carcaça.
- Determinar se o período de suplementação de cromo levedura influencia as variáveis de desempenho e as características de carcaça dos suínos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. C. **Potencial de substituição da ractopamina por cromo ou por restrições alimentares na alimentação de suínos**. 2017. 68 f. Tese (Doutorado em ciência animal) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2017.

ALMEIDA, V. V. et al. Ractopamine, chromium-methionine and their combinations as metabolism modifier feed additives of growing and finishing pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 9-11. 2010.

AMATA, I.A. Chromium in livestock nutrition: A review. **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, p.289-306, 2013.

ANDERSON, R. A. Effects of chromium on body composition and weight loss. **Nutrition reviews**, v. 56, n. 9, p. 266-270, 1998.

ANDERSON, R. A. Stress effects on chromium nutrition of humans and farm animals. In: *Biotechnology in the Feed Industry* (Lyons, T.P and Jacques, K.A.eds.), University Press, Nottingham, UK. p. 267-274, 1994.

BAFFA, D. F. **Cromo levedura e ractopamina em dietas para suínos em terminação**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em *Magister Scientiae*)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

BLAS, C. et al. **Normas Fedna: Necesidades nutricionales para ganado porcino**. 2ª edición. 2013. 114p.

BOREL, J. S.; ANDERSON, R. A. **Chromium**. In: Frieden E. (ed.): *Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements*. Plenum Press, New York, p. 175–199, 1984.

CARAMORI JÚNIOR, J. G. et al. Chromium and selenium-enriched yeast for castrated finishing pigs: effect on performance and carcass characteristics. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 3851-3860, 2017.

CARVALHEIRA, J. B. C; ZECCHIN, H. G.; SAAD, M. J. A. Vias de sinalização da insulina. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 46, n. 4, p. 419-425, 2002.

CHEN, N. S. C.; TSAI, A.; DYER, I. A. Effect of chelating agents on chromium absorption in rats. **The Journal of nutrition**, v. 103, n. 8, p. 1182-1186, 1973.

CHIBA, L. I. **Sustainable swine nutrition**. Auburn: Wiley-Blackwell, 2013. 508 p.

DAVIS, C. M.; VINCENT, J. B. Chromium oligopeptide activates insulin receptor tyrosine kinase activity. **Biochemistry**, v. 36, n. 15, p. 4382-4385, 1997.

DEBSKI, B. et al. Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. **Journal of trace elements in medicine and biology**. v. 18, n. 1, p. 47-51, 2004.

DOISY, R. J. et al. Chromium metabolism in man and biochemical effects. **Trace elements in human health and disease**, v. 2, p. 79-104, 1976.

DUCROS, V. Chromium metabolism. **Biological Trace Element Research**, 32, 65–77, 1992.

EVANS G.W., BOWMAN T.D. Chromium picolinate increases membrane fluidity and rate of insulin internalization. **Journal of Inorganic Biochemistry**, 48: 243–250, 1992.

EVOCK-CLOVER, C. M. et al. Dietary Chromium Supplementation With or Without Somatotropin Treatment Alters Serum Hormones and Metabolites in Growing Pigs Without Affecting Growth Performance. **The Journal of Nutrition**, v. 123, p. 1504-1512. 1993.

GARCÍA, A.G.; GARNS, P.M. Papel del cromo y del cinc en el metabolismo de la insulina. **Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social**, Colonia Juárez, v. 42, p. 347-352. 2004.

GEBHARDT, J. T. et al. Determining the influence of chromium propionate and *Yuccas chidigera* on growth performance and carcass composition of pigs housed in a commercial environment, **Translational Animal Science**, v. 3, n. 4, p. 1275–1285, 2019.

GUAN, X. et al. High chromium yeast supplementation improves glucose tolerance in pigs by decreasing hepatic extraction of insulin. **The Journal of nutrition**, v. 130, n. 5, p. 1274-1279, 2000.

HOSSAIN, S.M.; BARRETO, S.L.; SILVA, C.G. Growth performance and carcass composition of broiler fed supplemental chromium from chromium yeast. **Animal Feed Science Technology**, v. 71, p. 217-228, 1998.

HUNT, C. D.; STOECKER, B. J. Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints and paradigms for boron, chromium and fluoride dietary recommendations. **The Journal of nutrition**, v. 126, n. 9, p. 2441S-2451S, 1996.

JACKSON, A. R. et al. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice White grease, ortallow. **Journal of Animal Science**. V. 87, p. 4032– 4041, 2009.

JEEJEBHOY, K.N. et al. Chromium deficiency, glucose intolerance and neuropathy reversed by chromium supplementation in a patient receiving long-term total parental nutrition. **Ame. J. Clinical Nutrition**, v. 30, p. 531-538, 1977.

JUTURU, V. et al. Absorption and excretion of chromium from orally administered chromium chloride, chromium acetate and chromium oxide in rats. **Trace Elements and Electrolytes**, v. 20, p. 23–28, 2003.

KAATS, G. R. et al. A randomized, doublemasked, placebo controlled study of the effects of chromium picolinate supplementation on body composition: a replication and extension of a previous study. **Current Therapeutic Research**, v.59, p.379-388, 1998.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.3, 2005.

KREJPCIO, Z. Chromium and Insulin Signaling. Pages 611-612 in **Encyclopedia of Metalloproteins**. R. H.Kretsinger, V. N. Uversky, E. A. Permyakov. ed. Springer, New York, NY, 2013.

LI, Y. S. et al. Effects of dietary chromium methionine on growth performance, carcass composition, meat colour and expression of the colour-related gene myoglobin of growing-finishing pigs. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v.26, p.1021-1029, 2013.

LIEN, T. F. et al. Effect of supplemental levels of chromium picolinate on the growth performance, serum traits, carcass characteristics and lipid metabolism of growing-finishing pigs. **Animal Science**, v. 72, n. 2, p. 289-296, 2001.

LIMA, G. J. M. M.; GUIDONI, A. L. Níveis de cromo-ácido nicotínico em dietas de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 433-439, 1999.

LINDEMANN M. D. Organic Chromium- the missing link in farm animal nutrition? **Feeding Times**, v. 1, p. 8-16. 1996.

LINDEMANN, M. D. Use of chromium as an animal feed supplement. **The Nutritional Biochemistry of Chromium(III)**, p. 85–118. 2007.

LINDEMANN, M. D. C. M. et al. Dietary chromium picolinate additions improve gain:feed and carcass characteristics in growingfinishing pigs and increase litter size in reproducing sows. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 457-465. 1995.

LINDER, M. C. Nutritional biochemistry and metabolism with clinical applications. **Elsevier Publishing**, p.189-192. 1985.

MARCOLLA, C. S. et al. Chromium, CLA, and ractopamine for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.95, p.4472-4480, 2017.

MATTHEWS, J.O. et al. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, 2005.

MCKENZIE, R. D. et al. Absorption and distribution of ⁵¹Cr in the albino rat. **Arch. Biochem**, v. 79, p. 200-205, 1959.

MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal of nutrition**, 123, 623-633, 1993.

MOONEY, K. W., CROMWELL, G. L. Efficacy of chromium picolinate and chromium chloride as potential modifiers in swine. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2661-2671. 1997.

MORRIS, B.W. The inter-relationship between insulin and chromium in hyperinsulinaemic euglycaemic clamps in healthy volunteers. **Journal of Endocrinology**, v. 139, p. 339-345. 1993.

NRC – National Research Council. **Nutrient requirements of swine**. 11th edition. National Academies Press, 2012. 822p.

OHH, S. J.; LEE, J. Y. Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v.18, n. 6, p. 898-907, 2005.

PARK, J. K. et. al. Effects of different sources of dietary chromium on growth, blood profiles and carcass traits in growing-finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.22 n.11, p. 1547–1554, 2009.

PECHOVA, A., PAVLATA, L. Chromium as an essential nutrient: a review. **Veterinarni Medicina**, v.52, p.1–18, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.17221/2010-VETMED>>. Acesso em: 24 Set. 2020.

PERES, L. M. et al. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.369-375, 2014.

RODRIGUES, G. P. et al. Combined supplementation of chromium-yeast and selenium-yeast on finishing barrows. **Ciência Rural**, v. 50, n. 11, 2020.

ROGINSKI E.F., MERTZ W. Effects of chromium (III) supplementation on glucose and amino acid metabolism in rats fed a low protein diet. **Journal of Nutrition**, v. 97, p. 525–530. 1969.

ROSTAGNO, H. S. Et al **Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais)**. 4.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. 488p.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3rd ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252. 2011.

SALES, J.; JANCÍK, F. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis. **Journal of Animal Science**, v.89, p.4054-4067, 2011.

SCHWARZ, K.; MERTZ, W. Chromium (HI) and the glucose tolerance factor (Letters to the Editors). **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 85: 292-295, 1959. Statistical Analysis System – Sas, Sas/Stat User's Guide (Release 9.1), Cary: 1999, (CDROM).

STOECKER, B. J. Chromium absorption, safety, and toxicity. **Journal of Trace Elements in Experimental Medicine**, v. 12, p. 163–169, 1999.

SUN, Y. et al. The binding of trivalent chromium to low-molecular-weight chromium-binding substance (LMWCr) and the transfer of chromium from transferrin and chromium picolinate to LMWCr. **JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry**, v. 5, n. 1, p. 129-136, 2000.

TABELA PERIÓDICA COMPLETA 2020. **Tabela periódica completa**. Disponível em: <http://www.tabelaperiodicacompleta.com/>. Acesso em: 10 setembro. 2020.

TIAN, Y. Y. et al. Effects of chromium methionine supplementation on growth performance, serum metabolites, endocrine parameters, antioxidant status, and immune traits in growing pigs. **Biological Trace Element Research**, v.162, p.134-141, 2014.

TIAN, Y. Y. et al. Effects of graded levels of chromium methionine on performance, carcass traits, meat quality, fatty acid profiles of fat, tissue chromium concentrations, and antioxidant status in growingfinishing pigs. **Biological Trace Element Research**, v.168, p.110- 121, 2015.

UNTEA, A. E. et al. Effects of chromium supplementation on growth, nutrient digestibility and meat quality of growing pigs. **South African Journal of Animal Science**, v. 47, n. 3, p. 333 – 341, 2017.

VINCENT, J. B. Chromium and Glucose Tolerance Factor. Page 607 in **Encyclopedia of Metalloproteins**. R. H.Kretsinger, V. N. Uversky, E. A. Permyakov. ed. Springer, New York, NY, 2013.

VINCENT, J. B. Elucidating a Biological Role for Chromium at a Molecular Level. **Accounts of Chemical Research**. v.33, p.503-510, 2000.

VINCENT, J. B. Mechanisms of chromium action low-molecular-weight chromium-binding substance, **The Journal of the American College Nutrition**, v.18, p. 6-12. 1999.

WANG, M. Q. et al. Effects of chromium nanocomposite supplementation on blood metabolites, endocrine parameters and immune traits in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.139, p. 69-80, 2007.

WANG, M. Q. et al. Effects of chromium-loaded chitosan nanoparticles on growth, carcass characteristics, pork quality, and lipid metabolism in finishing pigs. **Livestock Science**, v. 161, p. 123-129, 2014.

XU, X. et al. Effects of chromium methionine supplementation with different sources of zinc on growth performance, carcass traits, meat quality, serum metabolites, endocrine parameters, and the antioxidant status in growing-finishing pigs. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 179, n. 1, p.70-78, 2017.

YAMAMOTO, A.; WADA, O.; MANABE, S. Evidence that chromium is an essential factor for biological activity of low-molecular-weight chromium-binding substance. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 163, p.189-193, 1989.

YAMAMOTO, A.; WADA, O.; ONO, T. A low-molecular-weight, chromium-binding substance in mammals. **Toxicology and Applied Pharmacology**. v.59, p.515-23, 1981.

YAMAMOTO, A.; WADA, O.; ONO, T. Isolation of a biologically active low-molecular-mass chromium compound from rabbit liver. **Eur. Journal of Biochemistry**, v. 165, p. 627-631, 1987.

ZHANG, H. et al. Effect of Chromium Picolinate Supplementation on Growth Performance and Meat Characteristics of Swine. **Biological Trace Element Research**, v. 141, p. 159–169. 2011.

CAPÍTULO 2- PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE CROMO LEVEDURA NA DIETA DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

Artigo elaborado segundo as normas da revista “**Ciência Rural**”

Danilo de Souza Sanches^I Elis Regina de Moraes Garcia^I

Charles Kiefer^{II}

RESUMO

Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o período de suplementação de cromo levedura no desempenho e nas características quantitativas da carcaça de suínos em crescimento e terminação. Foram utilizados 80 suínos (Duroc/Pietran x Large White/Landrace), machos castrados, com peso inicial de $24,5 \pm 2,4$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro períodos de suplementação de cromo levedura (dieta controle: isenta de cromo levedura, dos 25 aos 110 kg; Cr25-110 kg: dieta com $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo levedura, 25 aos 110 kg; Cr50-110 kg: dieta com $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo levedura, 50 aos 110 kg e Cr70-110 kg: dieta com $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo levedura, 70 aos 110 kg), com dez repetições e dois animais por unidade experimental. A suplementação de cromo levedura não afetou ($P > 0,05$) as variáveis de desempenho e as características de carcaça avaliadas. A suplementação de $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ de

^I Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rodovia Graziela Maciel Barroso Km 12, 79210-000, Aquidauana, MS, Brasil.

^{II} Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil.

cromo levedura na dieta de suínos em crescimento e terminação (25 a 110 kg) não altera o desempenho e as características quantitativas de carcaça.

Palavras-chave: Aditivo nutricional, modificador de carcaça, desempenho, mineral orgânico

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the period of yeast chromium supplementation in the performance and quantitative characteristics of the carcass of growing and finishing pigs. Eighty pigs (Duroc/Pietran x Large White/Landrace) were used, castrated males, with initial weights of 24.5 ± 2.4 kg and final weights of 111.2 ± 4.4 kg. The animals were distributed in a randomized block design with four times of yeast chromium supplementation (control diet: yeast chromium-free, from 25 to 110 kg; Cr25-110 kg: diet with 0.4 mg kg⁻¹ of chromium yeast, 25 to 110 kg; Cr50-110 kg: diet with 0.4 mg kg⁻¹ of chromium yeast, 50 to 110 kg and Cr70-110 kg: diet with 0.4 mg kg⁻¹ of chromium yeast, 70 to 110 kg), with ten replicates and two animals per experimental unit. The yeast chromium supplementation did not affect ($P > 0.05$) the performance variables and the carcass characteristics evaluated. The supplementation of 0.4 mg kg⁻¹ of yeast chromium in the diet of growing and finishing pigs (25 to 110 kg) does not alter the performance and the quantitative carcass characteristics.

Keywords: Nutritional additive, carcass modifier, performance, organic mineral

INTRODUÇÃO

O cromo é considerado um nutriente essencial (PECHOVA & PAVLATA, 2007) por atuar no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e da proteína (OHH et al., 2005). É um componente do “fator de tolerância à glicose”, que aumenta a sinalização de insulina e estimula a captação de glicose e aminoácidos por células-alvo (AMATA, 2013). A

deficiência nutricional de cromo pode causar intolerância à glicose, aumentar a insulina, o colesterol e os triacilgliceróis circulantes, e que pode elevar a proporção de gordura e reduzir a de proteína corporal em suínos (PECHOVA & PAVLATA, 2007).

Há evidências de que a suplementação de cromo nas dietas de suínos pode melhorar o sistema imunológico (WANG et al., 2007; TIAN et al., 2014), o metabolismo de proteína e gordura (UNTEA et al., 2017), o ganho de peso e a conversão alimentar (LI et al., 2013; PERES et al., 2014), as características de carcaça (JACKSON et al., 2009; PARK et al., 2009; WANG et al., 2014) e a qualidade da carne (LI et al., 2013).

Vários estudos têm constatado efeitos positivos do cromo no aumento do ganho de peso, consumo de ração e na deposição de proteína e redução da deposição de gordura na carcaça (SALES & JANCÍK, 2011; LI et al., 2013; PERES et al., 2014; UNTEA et al., 2017; CARAMORI JUNIOR et al., 2017), mas outros não demonstraram melhoria nessas características com a suplementação (TIAN et al., 2014; TIAN et al., 2015; MARCOLA et al., 2017). Vários fatores, como a fonte e a concentração de cromo na dieta, tempo de suplementação, estado nutricional e de saúde, estresse e estado imunológico do rebanho, categoria e genética podem estar envolvidos na variação das respostas observadas nos suínos (AMATA, 2013; RODRIGUES et al., 2020).

As principais tabelas de exigências nutricionais (NRC 2012; BLAS et al., 2013; ROSTAGNO et al., 2011; 2017) não apresentam recomendação nutricional de cromo para suínos. Os resultados da suplementação de cromo no desempenho dos suínos têm sido inconsistentes e inconclusivos (CHIBA, 2013).

A partir de uma meta-análise foi constatada que a suplementação de cromo iniciada em suínos com peso inicial elevado, ou seja, na fase de terminação pode reduzir a gordura e aumentar a deposição de carne magra da carcaça, no entanto, estes efeitos não são totalmente elucidados quando se refere ao período de suplementação (SALES & JANCÍK, 2011).

Existem evidências de que o tempo de suplementação de cromo na dieta dos suínos possa afetar as respostas. Em ensaio de 29 dias Rodrigues et al. (2020) não verificaram efeito da suplementação de cromo levedura no desempenho dos suínos.

Contudo, Boleman et al (1995) observaram aumento de percentagem de músculo e redução de gordura da carcaça de suínos quando suplementaram cromo por 52 dias, assim como Caramori Júnior et al. (2017) constataram aumento da profundidade de músculo com a suplementação de cromo por 66 dias e Matthews et al. (2001) evidenciaram aumento do comprimento de carcaça com uma suplementação de 102 dias.

Essas respostas levantam a hipótese de que o aumento do período de suplementação de cromo na dieta pode melhorar o desempenho e as características de carcaça dos suínos. Deste modo, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar diferentes períodos de suplementação de cromo levedura sobre o desempenho e as características quantitativas da carcaça de suínos em crescimento e terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos/MS. Foram utilizados 80 suínos (Duroc / Pietran x Large White / Landrace), machos castrados, com peso inicial de $24,5 \pm 2,4$ kg. Os animais foram alojados em galpão com baias de alvenaria ($1,25 \times 2,35$ m) com piso de concreto, dotadas de lâmina d'água, comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta.

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente ao longo de todo período experimental (Tabela 1), por meio de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e globo negro instalados no centro da instalação. O índice de temperatura do

globo negro e umidade relativa do ar (ITGU) foi calculado de acordo com a equação proposta por Buffington et al. (1981).

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados, em quatro períodos de suplementação de cromo levedura (dieta controle: isenta de cromo levedura, dos 25 aos 110 kg; Cr25-110 kg: dieta com 0,4 mg kg⁻¹ de cromo levedura, 94 dias (25 aos 110 kg); Cr50-110 kg: dieta com 0,4 mg kg⁻¹ de cromo levedura, 65 dias (50 aos 110 kg) e Cr70-110 kg: dieta com 0,4 mg kg⁻¹ de cromo levedura, 43 dias (70 aos 110 kg)), dez repetições, considerando dois animais por unidade experimental. Os pesos iniciais dos animais foram utilizados como critério de formação de blocos.

As dietas experimentais (Tabela 2) foram isonutritivas e formuladas de acordo com as recomendações preconizadas por Rostagno et al. (2011), para atender as exigências nutricionais de suínos de alto potencial genético e com desempenho médio - superior. Em todas as dietas experimentais foram atendidas as relações aminoacídicas mínimas entre a lisina e os demais aminoácidos essenciais preconizados na proteína ideal, a fim de assegurar que nenhum aminoácido fosse limitante. A suplementação de cromo levedura foi realizada a partir da inclusão de um produto comercial contendo 1.600 mg kg⁻¹ de cromo, em substituição ao inerte (caulim).

As dietas foram fornecidas *ad libitum* e os animais tiveram livre acesso a água durante todo o período experimental, o qual teve duração de 94 dias. Os animais foram pesados em balança eletrônica, ao início do experimento e ao final das fases experimentais (fase I: 25-50 kg, fase II: 50-70 kg e fase III: 70-110 kg) para a determinação do desempenho.

Afim de determinar o consumo de ração diário, foram coletados e pesados os resíduos de ração desperdiçados e as sobras de ração do comedouro ao final de cada fase do experimento e, posteriormente, subtraídos do total de ração fornecida em cada fase. A partir do consumo de ração diário e dos níveis nutricionais estimados das dietas experimentais,

foram determinados os consumos de lisina digestível, proteína bruta e energia metabolizável diários. Para determinar o ganho de peso médio diário e a conversão alimentar, os animais foram pesados no início e no final de cada fase do experimento.

Após a pesagem final, os animais permaneceram em jejum de sólidos por 12 horas. Posteriormente, os animais foram embarcados e transportados para um abatedouro comercial, no qual permaneceram em baias de espera com livre acesso a água por 6 horas. Após esse período os animais foram abatidos de acordo com as normas e procedimentos de abate vigentes no Brasil, conforme o Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA).

No final da linha de abate, as carcaças foram pesadas e serradas longitudinalmente ao meio, pela coluna vertebral, dividindo-se em duas metades. Na meia carcaça esquerda foram mensurados o comprimento de carcaça, a profundidade do músculo *Longissimus dorsi*, espessura de toucinho e o percentual de carne magra, no ponto P2, por meio de sonda eletrônica de tipificação de carcaças Hennesy System. A quantidade de carne magra foi determinada pela multiplicação do peso de carcaça quente e percentual de carne magra. O índice de bonificação (BI) foi determinado de acordo com a equação: $BI = 23,6 + (0,286 \times \text{peso da carcaça quente}) + \% \text{ carne magra}$ (BRIDI & SILVA, 2009).

Os dados foram submetidos a análise de variância e os pressupostos de normalidade do erro e homocedasticidade foram atendidos no modelo estatístico quanto às características das variáveis de desempenho e de carcaça. As possíveis diferenças para as variáveis analisadas entre os tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%. Quando houve efeito significativo ($P < 0,05$) efetuou-se análise de regressão para as variáveis em função dos períodos investigados. As análises foram realizadas utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS, versão 9.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A suplementação de cromo levedura não influenciou ($P>0,05$) o desempenho dos suínos em nenhuma das fases avaliadas, bem como no período total (Tabela 3). Todas as dietas experimentais foram formuladas para conter as mesmas quantidades de nutrientes em sua composição, então como não houve diferença do consumo de ração entre os tratamentos, consequentemente, o consumo de nutrientes também não foi alterado.

Tem-se constatado na literatura que os efeitos da suplementação de cromo no desempenho e nas características de carcaça de suínos tem apresentado uma variabilidade significativa e respostas inconsistentes entre os estudos (GEBHARDT et al., 2018).

Os resultados do presente estudo corroboram com Matthews et al. (2005), que não evidenciaram melhora do desempenho de suínos em terminação (73 aos 115 kg) suplementados com $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ propionato de cromo durante 54 dias. Também Tian et al. (2014) não observaram efeitos sobre o desempenho de suínos na fase de recria (30 aos 50 kg) suplementados com cromo-metionina ($0,8 \text{ mg kg}^{-1}$) por 35 dias.

Por outro lado, ao investigar a suplementação de níveis crescentes (0,3; 0,6; 0,9 mg kg^{-1}) de cromo metionina durante 28 dias na dieta de suínos machos castrados dos 75 aos 100 kg, Li et al. (2013) observaram aumento linear no ganho de peso e consumo de ração, sendo 20 e 26% superior em relação a dieta controle, respectivamente. O aumento de consumo de ração diário também foi observado por Gebhardt et al. (2019), ao avaliarem o efeito isolado do picolinato de cromo ($0,2 \text{ mg kg}^{-1}$) em suínos dos 27 aos 130 kg.

Por sua vez, Peres et al. (2014) constataram melhora de aproximadamente 5% no ganho de peso e de 7% na conversão alimentar em dietas com $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ de cromo metionina para suínos dos 60 aos 107 kg. Xu et al. (2017) também constataram melhora da conversão alimentar com a suplementação de cromo metionina na dieta de suínos dos 50 aos 110 kg.

No presente trabalho, provavelmente o consumo de ração dos suínos não foi alterado devido à ausência de desafio imunológico ao longo do experimento, de acordo com Wang et al., (2007); Li et al., (2013); Tian et al., (2014) o aumento do consumo de ração pode estar relacionado a melhora do sistema imune, já que, suínos submetidos a desafios imunológicos tendem a consumir mais ração com intuito de desviar nutrientes para fortalecer o sistema imunológico, e se não houver necessidade de desviar nutrientes para este fim o animal pode utilizar os nutrientes para o crescimento.

Em suínos, o cromo pode promover o desenvolvimento de tecido muscular, devido a energia adicional gerada pelo aumento da absorção de glicose por células sensíveis a insulina, que posteriormente pode ser usada para a síntese proteica, possibilitando suporte para o crescimento muscular e manutenção celular (Park et al., 2009).

Dessa forma, esperava-se que o desempenho dos animais avaliados no presente estudo fosse melhorado, considerando-se a ação do cromo como melhorador de digestibilidade, partidor de nutrientes e potencializador de crescimento (LINDEMANN et al., 2008).

No presente estudo as temperaturas ambientais ($27,7 \pm 2,0$, $27,2 \pm 2,1$ e $27,0 \pm 2,9$) nas fases I, II e III, respectivamente, podem ser consideradas acima do ideal para suínos em crescimento e terminação (NIENABER et al., 1987). A redução de consumo de ração é um efeito primário e de fácil observação em suínos submetidos a estresse térmico (CAMPOS et al., 2017), entretanto, no presente trabalho mesmo em condições de temperatura elevada o consumo de ração e ganho de peso dos animais não foram alterados e estão de acordo com a Tabela brasileira de aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2011).

Pode-se inferir que este efeito pode estar relacionado com a eficácia da lamina d'água em contribuir na manutenção térmica dos suínos, o que caracteriza que os animais

não foram submetidos a condições estressantes, fato que, também pode justificar a falta de efeitos da suplementação de cromo sobre as variáveis de desempenho.

Com relação as características quantitativas de carcaça, a suplementação de cromo não influenciou ($P>0,05$) o peso de carcaça quente, comprimento de carcaça, espessura de toucinho, profundidade de músculo, percentual e quantidade de carne magra e o índice de bonificação (Tabela 4). Contudo, verificou-se tendência ($P<0,07$) de aumento da profundidade de músculo quando os animais foram suplementados com cromo.

Os resultados de característica de carcaça do presente trabalho estão de acordo com as respostas observadas por Matthews et al. (2001, 2005), Zhang et al. (2011), Peres et al. (2014), Gebhardt et al. (2018), Gebardht et al. (2019) e Rodrigues et al. (2020) que também não evidenciaram efeito da suplementação de fontes orgânicas de cromo sobre as características quantitativas da carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação.

Esperava-se que no presente estudo a suplementação de cromo proporcionasse efeito positivo sobre as características de carcaça dos suínos, devido aos seus mecanismos de ação em manter a homeostase da glicose, potencializar a insulina em metabolizar gordura, aumentar a captação de glicose e aminoácidos para síntese proteica (AMATA, 2013). Em parte, essa resposta foi observada, considerando-se a tendência de melhora ($P<0,07$) para profundidade de músculo dos suínos suplementados com cromo.

Pode-se inferir que o período de suplementação não foi um fator responsável para não se ter observado efeito significativo sobre as características de carcaça no presente trabalho, mas provavelmente o nível de suplementação de cromo, uma vez que, Caramori Júnior et al. (2017) constatou aumento da profundidade de músculo ao avaliar nível superior de cromo levedura ($0,8 \text{ mg kg}^{-1}$) na dieta de suínos em terminação por um menor tempo de suplementação (66 dias).

É importante salientar que não há uma recomendação nutricional de cromo na literatura para suínos em terminação (Rostagno et al., 2017), e que o nível de 0,4 mg kg⁻¹ de cromo suplementado durante um longo período não foi suficiente para promover efeito positivos sobre a característica de carcaça. Essa hipótese é corroborada por Lindeman (2007) que destacou que a variabilidade dos efeitos da suplementação de cromo sobre as características de carcaças pode estar associada ao nível e tempo de suplementação, bem como ao peso corporal dos suínos. Por esta razão, sugere-se mais estudos objetivando elucidar não só o período, mas o nível de suplementação, afim de melhor compreender os resultados do presente e outros estudos.

CONCLUSÃO

A suplementação de 0,4 mg kg⁻¹ de cromo levedura na dieta de suínos em crescimento e terminação (25 a 110 kg) não altera o desempenho e as características quantitativas de carcaça.

APROVAÇÃO DO COMITE DE BIOÉTICA E BIOSSEGURANÇA

O projeto foi aprovado pelo comite de ética para uso de animais, número de protocolo 625/2014 – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

DECLARAÇÃO DE INTERESSE CONFLITANTE

Os autores declaram não ter conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATA, I. A. Chromium in livestock nutrition: A review. **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 12, p.289-306, 2013. Available from: <<http://garj.org/garjas/index.htm>>. Accessed: Set. 2, 2020.

BLAS, C. et al. **Normas Fedna: Necesidades nutricionales para ganado porcino**. 2ª edición. 2013. 114p.

BHAGAT, J. et al. Effects of supplemental chromium on interferon-gamma (IFN-gamma) mRNA expression in response to Newcastle disease vaccine in broiler chicken. **Research in Veterinary Science**, v. 85, n. 1, p. 46–51, 2008. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2007.08.003>>. Accessed: Set. 26, 2020. doi: 10.1016/j.rvsc.2007.08.003.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Avaliação da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2009. 120p.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort quation for dairy cows. **Transaction sof the ASAE**, v. 24, n. 3, p.711-714, 1981. Available from: <<https://doi.org/10.13031/2013.34325>>. Accessed: Set. 23, 2020. doi:10.13031/2013.34325.

CARAMORI JÚNIOR, J. G. et al. Chromium and selenium-enriched yeast for castrated finishing pigs: effects on performance and carcass characteristics. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 3851-3860, nov./dez. 2017. Available from: <<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3851>>. Accessed: Set. 20, 2020. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n6p3851.

CAMPOS, P. H. R. F. et al. Physiological responses of growing pigs to high ambient temperature and/or inflammatory challenges. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.46, p.537-

544, 2017. Available from: < <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000600009>>. Accessed: Jan. 21, 2021.doi: 10.1590 / s1806-92902017000600009.

CHIBA, L. I. **Sustainable swine nutrition**. Auburn: Wiley-Blackwell, 2013. 508 p.

GEBHARDT, J. T. Determining the influence of chromium propionate and *Yuccaschidigera* on growth performance and carcass composition of pigs housed in a commercial environment, **Translational Animal Science**, v. 3, n. 4, p.1275–1285, 2019. Available from:< <https://doi.org/10.1093/tas/txz117>>. Accessed: Set. 21, 2020. doi:10.1093/tas/txz117.

GEBHARDT, J. T. et al. Influence of chromium propionate dose and feed in gregimen on growth performance and carcass composition of pigs housed in a commercial environment. **Translation Animal Science**. V. 3, n. 1, p.384–392, 2018. Availablefrom:< <https://doi.org/10.1093/tas/txy104>>. Accessed: Set. 22, 2020.doi:10.1093/tas/txy104.

JACKSON, A. R. et al. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice White grease, or tallow. **Journalof Animal Science**, v. 87, n. 12, p. 4032– 4041, 2009. Available from:<<https://doi.org/10.2527/jas.2009-2168>>. Accessed: Set. 20, 2020. doi: 10.2527/jas.2009-2168.

JAIN, S. K. et al. Efeito da suplementação de niacinato de cromo e picolinato de cromo na peroxidação lipídica, TNF- α , IL-6, CRP, hemoglobina glicada, triglicerídeos e níveis de colesterol no sangue de ratos diabéticos tratados com estreptozotocina. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 43, n. 8, p. 1124-1131, 2007. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.05.019>: Fev. 15, 2020. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.05.019.

LI, Y. S. et al. Effects of dietary chromium methionine on growth performance, carcass composition, meat colour and expression of the colour-related gene myoglobin of growing-finishing pigs. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 26, n. 7, p.1021-1029, 2013. Available from: <<https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13012>>. Accessed: Set. 22, 2020. doi: 10.5713/ajas.2013.13012.

LINDEMANN, M. D. Use of chromium as an animal feed supplement. **The Nutritional Biochemistry of Chromium(III)**. Pages 85–118. 2007.

LINDEMANN, M. D. et al. Effect of chromium sources on tissue concentration of chromium in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 11, p. 2971-2978, 2008. Available from: <<https://doi.org/10.2527/jas.2008-0888>>. Accessed: Set. 20, 2020. doi: 10.2527/jas.2008-0888.

MARCOLLA, C. S. et al. Chromium, CLA, and ractopamine for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 10, p.4472-4480, 2017. Available from: <<https://doi.org/10.2527/jas2017.1753>>. Accessed: Set. 22, 2020. doi: 10.2527/jas2017.1753.

MATTHEWS, J. O. et al. Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing-finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v.79, n. 8, p.2172-2178, 2001. Available from:<<https://doi.org/10.2527/2001.7982172x>>. Accessed: Set. 19, 2020. doi: 10.2527/2001.7982172x.

MATTHEWS, J. O. et al. Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 4, p.858-862, 2005.

Available from: <<https://doi.org/10.2527/2005.834858x>>. Accessed: Set. 19, 2020. doi: 10.2527/2005.834858x.

NIENABER, J. A. et al. Thermal environment effects on growing-finishing swine Part I- Growth, feed intake and heat production. **Transactions of the ASAE**, v.30, p.1772- 1775, 1987. Available from: <<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=30635>>. Accessed: Jan.. 02, 2021. doi: 10.13031/2013.30635.

NRC – NationalResearchCouncil. **Nutrientrequirementsofswine**. 11thedition. National Academies Press, 2012. 822p.

OHH, S. J.; Lee, J. Y. Dietary chromium-methionine chelate supplementation and animal performance. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**. v. 18, n. 6, p.898-907, 2005. Available from:<<https://doi.org/10.5713/ajas.2005.898>>. Accessed: Set. 22, 2020. doi:10.5713/ajas.2005.898.

PARK, J. K. et. al. Effects of diferente sources of dietary chromium on growth, blood profiles and carcass traits in growing-finishing pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. v.22, n. 11, p. 1547–1554, 2009. Available from: <<https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80633>>. Accessed: Set. 20, 2020. doi: 10.5713/ajas.2009.80633.

PECHOVA, A., PAVLATA, L. Chromium as anessential nutrient: a review. **Veterinarni Medicina**, v. 52, n. 1, p.1–18, 2007. Available from: < <https://doi.org/10.17221/2010-VETMED>>. Accessed: Set. 24, 2020. doi: 10.17221/2010-VETMED.

PERES, L. M. et al. Effect of supplementing finishing pigs with different sources of chromium on performance and meat quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 7,

p.369-375, 2014. Available from:<<https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000700005>>. Accessed: Set. 15, 2020.doi: 10.1590/S1516-35982014000700005.

RODRIGUES, G. P. et al. Combined supplementation of chromium-yeast and selenium-yeast on finishing barrows. **Ciência Rural**, v. 50, n. 11, 2020. Available from: <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20190406>>. Accessed: Out. 10, 2020. doi: 10.1590 / 0103-8478cr20190406.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3rd ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252. 2011.

ROSTAGNO, H. S. Et al **Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais)**. 4.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017.488p.

SALES, J.; JANCÍK, F. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 12, p.4054-4067, 2011. Available from: < <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3495>>. Accessed: Set. 23, 2020. doi: 10.2527/jas.2010-3495.

TIAN, Y. Y. et al. Effects of chromium methionine supplementation on growth performance, serum metabolites, endocrine parameters, antioxidant status, and immune traits in growing pigs. **Biological Trace Element Research**, v.162, n. 1-3, p.134-141, 2014.Available from: <<https://doi.org/10.1007/s12011-014-0147-9>>. Accessed: Set. 15, 2020.doi: 10.1007/s12011-014-0147-9.

TIAN, Y. Y. et al. Effects of graded levels of chromium methionine on performance, carcass traits, meat quality, fatty acid profiles of fat, tissue chromium concentrations, and antioxidant status in growing finishing pigs. **Biological Trace Element Research**, v.168, n.1, p.110-

121, 2015. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s12011-015-0352-1>>. Accessed: Set. 20, 2020. doi: 10.1007/s12011-015-0352-1.

UNTEA, A. E. et al., Effects of chromium supplementation on growth, nutrient digestibility and meat quality of growing pigs. **South African Journal of Animal Science**, v. 47, n.3. p.333 – 341, 2017. Available from: <<https://doi.org/10.4314/sajas.v47i3.10>>. Accessed: Set. 18, 2020. doi: 10.4314/sajas.v47i3.10.

WANG, M. Q. et al. Effects of chromium nanocomposite supplementation on blood metabolites, endocrine parameters and immune traits in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 139, n. 1-2, p.69-80, 2007. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.12.004>>. Accessed: Set. 24, 2020. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.12.004.

WANG, M. Q. et al. Effects of chromium-loaded chitosan nanoparticles on growth, carcass characteristics, pork quality, and lipid metabolism in finishing pigs. **Livestock Science**, v. 161, p.123-129, 2014. Available from: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.029>>. Accessed: Set. 24, 2020. doi: 10.1016/j.livsci.2013.12.029.

XU, X. et al. Effects of chromium methionine supplementation with different sources of zinc on growth performance, carcass traits, meat quality, serum metabolites, endocrine parameters, and the antioxidant status in growing-finishing pigs. **Biological Trace Element Research**, Clifton, v. 179, n. 1, p.70-78, 2017. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s12011-017-0935-0>>. Accessed: Set. 20, 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0935-0>.

ZHANG, H. et al. Effect of chromium picolinate supplementation on growth performance and meat characteristics of swine. **Biological Trace Element Research**, v. 141, p. 159-169,

2011. Available from: <<https://doi.org/10.1007/s12011-010-8727-9>>. Accessed: Set. 20, 2020.doi: 10.1007/s12011-010-8727-9.

Tabela 1. Condições ambientais no interior do galpão durante as fases experimentais

Variáveis ambientais*	Fase I (25 - 50 Kg)	Fase II (50 - 70 Kg)	Fase III (70 - 110 Kg)
TM (°C)	27,7 ± 2,0	27,2 ± 2,1	27,0 ± 2,9
UR (%)	75,0 ± 12,0	78,0 ± 9,0	73,3 ± 10,6
TGN (°C)	28,1 ± 2,1	27,6 ± 2,1	27,4 ± 2,9
ITGU	72,2 ± 1,9	77,5 ± 2,4	77,0 ± 3,6

*TM: Temperatura média; UR: Umidade relativa; TGN: Temperatura de globo negro; ITGU: Índice de temperatura de globo e umidade.

Tabela 2. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais fornecidas dos 25 aos 110 kg

Ingredientes	Fases experimentais ⁴		
	25-50 kg	50-70 kg	70-110 kg
Milho, 7,88%	73,087	75,691	78,084
Farelo de soja, 46,5%	23,410	21,430	19,300
Óleo de soja	0,367	0,090	0,000
Fosfato bicálcico	1,181	0,953	0,869
Calcário calcítico	0,709	0,648	0,608
Suplemento Vit.+Min. Cresc. ¹	0,400	0,400	0,000
Suplemento Vit.+Min.Term. ²	0,000	0,000	0,400
Sal comum	0,405	0,379	0,354
L-Lisina HCl	0,279	0,272	0,256
DL-Metionina	0,074	0,059	0,048
L-Treonina	0,063	0,056	0,053
Cromo levedura ³ ou inerte	0,025	0,025	0,025
Valores calculados ⁴			
Proteína bruta, %	16,68	15,97	15,16

Energia metabolizável, kcal kg ⁻¹	3,230	3,230	3,230
Lisina digestível, %	0,943	0,891	0,829
Met+Cist digestível, %	0,556	0,526	0,497
Treonina digestível, %	0,613	0,579	0,555
Triptofano digestível, %	0,170	0,160	0,149
Valina digestível, %	0,651	0,615	0,572
Arginina digestível, %	0,387	0,365	0,265
Histidina digestível, %	0,311	0,294	0,274
Leucina digestível, %	0,943	0,891	0,829
Fenil+Tir digestível, %	0,943	0,891	0,829
Cálcio, %	0,635	0,552	0,512
Fósforo disponível, %	0,314	0,269	0,250
Sódio, %	0,180	0,170	0,160

¹Conteúdo por kg de produto: ferro, 40g; cobre, 4g; cobalto, 0,08g; manganês, 12g; zinco, 40g; iodo, 0,4 g; selênio, 0,12 g e excipiente q.s.p., 400 g, vit. A, 2.400.000 UI; Vit. D₃, 400.000 UI; Vit. E, 4.800 UI; Vit. B₁, 0,2 g; Vit. B₂, 1,04 g; Vit. B₆, 0,28 g; ácido pantotênico, 4 g; Vit. K₃, 0,6 g; ácido nicotínico, 8,8 g; Vit. B₁₂, 0,006 g; ácido fólico, 0,08 g; biotina, 0,02 g; colina, 40 g e excipiente q.s.p., 400 g.

²Conteúdo por kg de produto: ferro 10 g; cobre 1,5 g; manganês 5 g; zinco 12,5 g; iodo 0,1 g; selênio 0,03 g; vit. A 650.000 UI, vit. D₃ 160.000 UI, vit. E 3.000 UI, vit. B₁ 0,22g, vit. B₂ 0,55g, vit. B₆, 0,2 g; ácido pantotênico 0,92 g; vit. K₃ 0,3 g; niacina 2 g; vit. B₁₂ 2 g; ácido fólico 0,05 g, biotina 0,003 g; colina 15 g.

³Produto comercial contendo 1.600 mg kg⁻¹ de cromo levedura adicionado em substituição ao material inerte (caulim).

⁴Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas segundo informações nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011).

Tabela 3. Desempenho de suínos machos castrados, dos 25 aos 110 kg, alimentados com dietas suplementadas com cromo levedura

Variáveis**	Tempo de suplementação com cromo*				CV, %	Valor P
	Controle	Cr25-110	Cr50-110	Cr70-110		
PI, kg	25,34	24,28	24,30	24,16	-	-
P50, kg	47,65	47,28	44,36	45,26	6,68	0,248
P70, kg	72,60	73,78	70,08	71,74	6,18	0,125
PF, kg	112,56	111,60	110,37	110,19	4,10	0,744
Fase I, 25-50 kg						
CRD, kg	1,617	1,638	1,437	1,458	8,23	0,261
CPB, g	269,85	273,41	239,66	243,09	11,78	0,167
CLd, g	15,26	15,46	13,55	13,74	11,78	0,167
CEM, Kcal	5225,43	5294,51	4640,97	4707,33	11,78	0,167
GPD, g	0,698	0,718	0,625	0,668	8,14	0,674
CA	2,340	2,285	2,295	2,166	6,05	0,164
Fase II, 50-70 kg						
CRD, kg	2,842	2,990	2,907	3,008	7,83	0,635

CPB, g	454,13	477,17	464,23	528,29	16,22	0,443
CLd, g	25,34	26,62	25,90	29,47	16,22	0,443
CEM, Kcal	9185,04	9650,87	9389,20	10684,96	16,22	0,443
GPD, g	1,040	1,105	1,073	1,104	7,35	0,560
CA	2,742	2,705	2,698	2,992	8,39	0,633
Fase III, 70-110 kg						
CRD, kg	3,472	3,338	3,487	3,498	7,45	0,580
CPB, g	526,17	506,20	528,97	529,97	7,55	0,628
CLd, g	28,77	27,68	28,93	28,98	7,55	0,628
CEM, Kcal	11210,54	10785,03	11270,19	11291,48	7,55	0,628
GPD, g	1,050	0,997	1,060	0,984	7,89	0,318
CA	3,310	3,385	3,330	3,560	6,99	0,130
Período total, 25-110 kg						
CRD, kg	2,680	2,671	2,642	2,755	6,47	0,605
CPB, g	420,52	419,54	413,95	431,88	7,71	0,830
CLd, g	23,29	23,25	22,92	23,92	7,75	0,829
CEM, Kcal	8655,90	8626,35	8533,18	8895,21	7,61	0,831
GPD, g	0,928	0,929	0,916	0,915	5,26	0,569
CA	2,895	2,876	2,891	3,007	4,86	0,317

*Controle: sem suplementação de cromo; Cr25-110: suplementação de 0,4 mg de cromo levedura dos 25 aos 110 kg; Cr50-110: suplementação de 0,4 mg de cromo levedura dos 50 aos 110 kg; Cr70-110: suplementação de 0,4 mg de cromo levedura dos 70 aos 110 kg.

**PI: Peso Inicial; P50: Peso ao final da primeira fase (25-50 kg); P70: Peso ao final da segunda fase (50-70 kg); PF: Peso Final; CRD: Consumo de Ração Diário; CPB: Consumo de Proteína Bruta diário; CLd: Consumo de Lisina digestível diário; CEM: Consumo de Energia Metabolizável diário; GPD: Ganho de Peso Diário; CA: Conversão Alimentar.

Tabela 4. Características de carcaça de suínos machos castrados alimentados com dietas suplementadas com cromo levedura, dos 25 aos 110 kg

Variáveis**	Tempo de suplementação com cromo*				CV, %	Valor P
	Controle	Cr25-110	Cr50-110	Cr70-110		
PCQ, kg	82,12	81,97	82,27	80,00	3,93	0,590
CC, cm	101,42	103,05	101,00	102,26	3,96	0,775
ET, mm	12,80	13,30	11,88	14,61	22,59	0,499
PM, mm	63,06	68,58	71,18	67,57	6,99	0,070
CM, %	58,88	59,15	60,23	58,28	3,11	0,313
QCM, kg	48,31	48,47	49,54	46,58	3,97	0,102
IB, %	105,97	106,19	107,35	104,76	1,60	0,104

*Controle: sem suplementação de cromo; Cr25-110: suplementação de 0,4 mg de cromo levedura dos 25 aos 110 kg; Cr50-110: suplementação de 0,4 mg de cromo levedura dos 50 aos 110 kg; Cr70-110: suplementação de 0,4 mg de cromo levedura dos 70 aos 110 kg.

**PCQ: Peso de Carcaça Quente; CC: Comprimento de Carcaça; ET: Espessura de Toucinho; PM: Profundidade de Músculo; CM: Carne Magra; QCM: Quantidade de Carne Magra; IB: Índice de Bonificação.

CAPÍTULO 3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho evidenciou que os efeitos positivos sobre o desempenho e as características de carcaças de suínos suplementados com cromo levedura ainda são inconsistentes e divergentes, o que respalda a necessidade de maiores esclarecimentos dos reais efeitos sobre essas variáveis, principalmente, quando se refere ao período de suplementação.

Os períodos de suplementação sugeridos e avaliados no presente estudo não foram responsáveis por não se ter obtido efeitos satisfatórios sobre o desempenho e características de carcaça, porém, neste caso a dosagem de cromo utilizada foi o fator mais relevante. Nesse sentido, a escolha de períodos prolongados de suplementação sendo iniciada em animais mais velhos, utilizando dosagens maiores de cromo levedura pode ser uma tendência para a realização de novos estudos.

É importante salientar que os animais usados no experimento não foram submetidos a nenhum tipo de desafio e que respostas positivas são observadas nessas condições, sugere-se um estudo usando um longo período de suplementação de cromo em uma dosagem maior na dieta de suínos em crescimento e terminação durante o verão de Mato grosso do Sul, com uma densidade alta, sobre desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos.

Especialmente, este trabalho contribuiu para o amadurecimento pessoal e profissional e elaboração de uma dissertação de mestrado, no Programa de Pós-

graduação em Zootecnia da UEMS (PGZOO). Além disso, através desse estudo será confeccionado um artigo científico em periódico nacional.