

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA PARA SUÍNOS NA FASE  
PRÉ-ABATE**

**Deise Souza Peixoto**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
2018**

# **SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA PARA SUÍNOS NA FASE PRÉ- ABATE**

**Deise Souza Peixoto**

Zootecnista

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal (Nutrição e Alimentação de Não-Ruminantes).

**Orientador:** Prof. Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito

**Coorientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Priscila Furtado Campos

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

P359s

Peixoto, Deise Souza.

Suplementação de creatina para suínos na fase pré-abate / Deise Souza Peixoto. – Cruz das Almas, BA, 2016.

61f.; il.

Orientador: Prof. Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito

Co-Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Priscila Furtado Campos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Mestrado em Ciência Animal.

1. Nutrição Animal. 2. Suínos. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – CCAAB. II. Título.

CDD: 636

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA PARA SUÍNOS NA FASE PRÉ-  
ABATE**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de  
Deise Souza Peixoto

Aprovada em: 05 de setembro de 2018

Prof. Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Duarte Abreu  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(Examinador Interno)

Prof<sup>a</sup>. Dr. Priscila Furtado Campos  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
(Examinadora Externa)

Prof<sup>a</sup>. Dr. Ana Lúcia Almeida Santana  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri– UFVJM  
(Examinadora Externa)

Prof. Dr. Gregório Murilo de Oliveira Júnior  
Universidade Federal de Sergipe – UFS  
(Examinador Externo)

## DEDICATÓRIA

A Deus, pelo dom da vida e por me conceder essa oportunidade.  
Aos meus pais Elienalva e João, pelos ensinamentos, apoio, amor e confiança.  
A meu irmão Devison, pelo amor, carinho, respeito e pelo exemplo de vida.  
A minha madrinha, afilhada, tias, tios, avós, primos e amigos pelo apoio.  
Ao meu namorado, pelo apoio, companheirismo e por existir em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos nessa caminhada, me dando coragem para não desistir e força para concretizá-lo.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de realizar esse curso.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FABESB) pelo financiamento da pesquisa realizada.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Aos meus pais Elienalva e João pelo amor, confiança e compreensão em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão Devison pela força, incentivo e amizade.

Ao meu namorado Tiago pelo amor, apoio, compreensão no transcorrer desse curso e pela ajuda durante o experimento.

A todos os meus familiares, madrinha, afilhada, tias, tios, avós, primos pelo apoio, confiança, carinho, respeito e dedicação.

A Prof<sup>a</sup>. Dr. Priscila Furtado Campos, Prof. Dr. Ricardo Duarte Abreu e ao Prof. Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito, pela amizade, confiança, dedicação, apoio e orientação durante o curso e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em especial os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal pelo incentivo, apoio, confiança e contribuições concedidas na minha formação acadêmica.

Ao Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal pelo convívio, respeito, incentivo, apoio e compressão.

Aos membros da Banca Examinadora, Prof. Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito, Prof. Dr. Ricardo Duarte Abreu, Prof<sup>a</sup>. Dr. Priscila Furtado Campos, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Almeida Santana, Prof. Dr. Gregório Murilo de Oliveira Júnior, pela participação na banca, pelas críticas e sugestões.

Ao Senhor Júlio César Melo de Farias da Empresa JF Agropecuária pela possibilidade de realização desse estudo em sua granja, pela parceria e doação do material coletado, além do apoio, confiança e respeito.

Ao Frigorífico industrial JF Agropecuária pela atenção demonstrada durante o abate dos animais.

Àqueles que me ajudaram durante o decorrer do experimento, aos funcionários da granja de suínos, em especial Evanildo, Soldador e os demais funcionários da granja pela grande ajuda.

Aos meus poucos e verdadeiros amigos, pelo incentivo, determinação e convivência; além dos conselhos e amor em mim depositado.

Às pessoas que fizeram parte de minha vida nesses anos, trazendo alegria, superação e por permitir acreditar mais nos sentimentos do coração.

## EPIGRAMA

“O dia mais belo? Hoje  
A coisa mais fácil? Equivocar-se  
O obstáculo maior? O medo  
O erro maior? Abandonar-se  
A raiz de todos os males? O egoísmo  
A distração mais bela? O trabalho  
A pior derrota? O desalento  
Os melhores professores? As crianças  
A primeira necessidade? Comunicar-se  
O que mais faz feliz? Ser útil aos demais  
O mistério maior? A morte  
O pior defeito? O mau humor  
A coisa mais perigosa? A mentira  
O sentimento pior? O rancor  
O presente mais belo? O perdão  
O mais imprescindível? O lar  
A estrada mais rápida? O caminho correto  
A sensação mais grata? A paz interior  
O resguardo mais eficaz? O sorriso  
O melhor remédio? O otimismo  
A maior satisfação? O dever cumprido  
A força mais potente do mundo? A fé  
As pessoas mais necessárias? Os pais  
A coisa mais bela de todas? O amor”

Madre Tereza de Calcutá

## SUPLEMENTAÇÃO DE CREATINA PARA SUÍNOS NA PRÉ-ABATE

**RESUMO:** O objetivo com o presente estudo foi avaliar o efeito da suplementação de níveis crescentes de creatina em dietas para suínos na fase pré-abate sobre desempenho, características de carcaça e qualidade da carne. Foram utilizados 50 suínos machos castrados, híbridos com peso médio inicial de  $85 \pm 4,65$  kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos, 10 repetições e um animal por unidade experimental. Os animais passaram por período de adaptação de seis dias, recebendo dieta comercial. Após o período de adaptação, o grupo controle continuou a receber a dieta comercial (T1) e os demais grupos passaram a receber a dieta comercial suplementada com quatro níveis crescentes de creatina (T2 - 15g/dia, T3 - 30g/dia, T4 - 45g/dia e T5 - 60g/dia), durante um período de cinco dias antes do abate. Ao final do período experimental, todos os animais foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas, após o qual foram pesados e encaminhados para abate em frigorífico inspecionado. Foram avaliados o rendimento de carcaça, espessura de toucinho, profundidade de músculo, porcentagem de carne na carcaça, comprimento da carcaça e área de olho de lombo. Uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* foi coletada de cada animal para análise das características qualitativas da carne (pH, temperatura, atividade de água, perda de água por gotejamento, descongelamento e cocção, cor e maciez). Os dados foram analisados através do software SAS e foram submetidos à regressão polinomial ao nível de 5% de significância. O consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário, espessura de toucinho, profundidade de músculo, porcentagem de carne na carcaça e área de olho de lombo aumentaram de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) com o aumento dos níveis de creatina nas dietas. Não foram observados efeitos ( $P > 0,05$ ) dos níveis de creatina sobre as demais variáveis avaliadas. A suplementação de 30,67g/dia de creatina melhora o desempenho e o rendimento de carne na carcaça e mantém a qualidade da carne em suínos na fase pré-abate.

**Palavras chave:** Aminoácidos; Nutrição; Suínos em terminação



## CREATINE SUPPLEMENTATION OF PRE- SLAUGHTER PIG

**ABSTRACT:** The objective of the present study was to evaluate the effect of supplementation of increasing levels of creatine in diets for pre-slaughter pigs on performance, carcass characteristics and meat quality. Fifty male castrated pigs with a mean initial weight of  $85 \pm 4.65$  kg were distributed in a completely randomized design with 5 treatments, 10 replicates and one animal per experimental unit. The animals went through the adaptation period of six days, receiving commercial diet. After the adaptation period, the control group continued to receive the commercial diet (T1) and the other groups started receiving the commercial diet supplemented with four increasing levels of creatine (T2 - 15g / day, T3 - 30g / day, 45g / day and T5 - 60g / day) for a period of five days prior to slaughter. At the end of the experimental period, all the animals were submitted to food fasting of 12 hours, after which they were weighed and sent to slaughter in an inspected refrigerator. Carcass yield, backfat thickness, muscle depth, carcass meat percentage, carcass length and loin eye area were evaluated. A sample of the Longissimus dorsi muscle was collected from each animal to analyze the qualitative characteristics of the meat (pH, temperature, water activity, loss of water by dripping, thawing and cooking, color and softness). Data were analyzed using the SAS software and were submitted to polynomial regression at the 5% level of significance. Daily mean feed intake, daily mean weight gain, backfat thickness, muscle depth, carcass meat percentage and loin eye area increased in a quadratic manner ( $P < 0.05$ ) with increased creatine levels in diets. No effects ( $P > 0.05$ ) of creatine levels were observed on the other variables evaluated. The supplementation of 30.67 g / day of creatine improves performance and meat yield in the carcass and maintains the meat quality in pigs in the pre-slaughter stage.

**Keywords:** Amino acids; Nutrition; Finishing pigs

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Contração muscular e metabolismo energético.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Conversão do músculo em carne .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Creatina .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Creatina e qualidade de carne.....</b>	<b>11</b>
2.4.1 pH.....	12
2.4.2 Capacidade de retenção de água.....	13
2.4.3 Cor.....	14
2.4.4 Carne DFD e PSE .....	15
<b>2.5 Creatina para suínos na fase de crescimento/terminação.....</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Local, instalações e ambiência .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Animais e delineamento experimental.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Dietas e manejo alimentar .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Procedimentos de abate .....</b>	<b>22</b>
<b>3.5 Avaliação das Características de Carcaça.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6 Avaliação da qualidade de carne .....</b>	<b>24</b>
<b>3.7 Análise estatística .....</b>	<b>26</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo, com o Brasil ocupando a quarta posição como maior produtor e exportador mundial. No ano de 2017, o Brasil produziu 3,75 milhões de toneladas de carne suína e exportou mais de 697 mil toneladas (ABPA, 2018).

Os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação à qualidade do produto final e buscam uma carne mais saudável e com maior quantidade de tecido proteico em detrimento à gordura. Visando atender essa demanda, a indústria buscou um redirecionamento na produção de suínos visando o aumento na produção de carne magra na carcaça.

Variação na qualidade da carne de suínos é uma grande preocupação para a indústria, uma vez que, animais que sofrem estresse agudo antes do abate degradam o glicogênio de forma acelerada, o que causa aumento na quantidade de ácido lático, com conseqüente queda brusca do pH muscular no *post mortem*, que pode chegar a valores abaixo de 6,0 na primeira hora após o abate, resultando na produção de carne pálida, mole e exsudativa (PSE).

Neste sentido, estudos (YOUNG *et al.*, 2005; ROSENVOLD *et al.*, 2007; STAHL *et al.*, 2007) têm avaliado a suplementação de creatina como uma forma de fornecer ATP para que ocorra a transformação do músculo em carne e desta maneira aumentar a quantidade de energia disponível para a produção de ATP sem que envolva a via glicolítica e a produção de ácido lático, reduzindo conseqüentemente a produção de carne PSE, devido a redução da velocidade de declínio do pH após o abate.

A suplementação de creatina é importante, pois visa o aumento do seu conteúdo total no músculo com o objetivo de aumentar a quantidade de energia disponível para a transformação do músculo em carne, visto que sua quantidade é limitada. A creatina é sintetizada a partir de três aminoácidos e atua como reserva de energia dentro do músculo, podendo ser convertida a creatina fosfato, por meio da ação da creatina quinase, que transfere o fosfato do ATP para a creatina, produzindo ADP e creatina fosfato (FERREIRA, 2014).

O aumento da concentração de creatina fosfato intramuscular, com a suplementação de creatina pode aumentar o volume intracelular e a água corporal,

aumentando conseqüentemente o volume muscular. No entanto, os meios pelos quais a suplementação de creatina aumenta a água corporal e as mudanças de fluido para o espaço intracelular não são claros, mas este pode ser um mecanismo importante para melhorar a textura e reduzir a perda de exsudato da carne suína.

Considerando-se o reduzido número de pesquisas e as controvérsias dos resultados quanto ao período de suplementação e dosagens, associados aos prejuízos econômicos decorrentes da incidência de carnes PSE, a presente pesquisa tem por objetivo avaliar o efeito da suplementação de níveis crescentes de creatina em dietas para suínos na fase pré-abate sobre desempenho, características de carcaça e qualidade da carne.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Contração muscular e metabolismo energético

Para que ocorra a contração muscular é necessária energia disponível na forma de ATP e a interação entre os filamentos grossos (miosina) e filamentos finos (actina). A contração muscular ocorre em quatro etapas: fixação da miosina na actina; movimento da miosina sobre actina; separação da miosina da actina; e energização da miosina para religar no próximo sítio de ligação da actina. O ATP é de suma importância nas etapas três e quatro, entretanto, como a quantidade de ATP livre armazenada é limitada, há necessidade de regeneração desses para outros processos metabólicos (BERG *et al.*, 2014).

O processo de contração muscular se inicia no sistema nervoso central, por meio de um estímulo elétrico conduzido pelas fibras nervosas e que chega até a junção neuromuscular e a placa motora terminal, onde este estímulo é ampliado e difundido por toda a fibra muscular em suas duas direções. A despolarização do sarcolema provoca um aumento da permeabilidade da membrana do retículo sarcoplasmático ao cálcio, com sua posterior saída para o sarcoplasma (MILLER e KNIGHT, 2009).

A elevação da concentração de cálcio no sarcoplasma permite a sua ligação a troponina C, que por sua vez, promove o deslocamento do filamento de tropomiosina permitindo a interação entre a actina e a miosina. O ATP se liga a cabeça da miosina e se cliva em ADP e fosfato inorgânico, com isso, a cabeça da miosina se estende perpendicularmente ao filamento de actina, levando a formação do complexo actomiosina (MILLER e KNIGHT, 2009).

A liberação do ADP gera a força necessária para que ocorra o movimento da actina sobre a miosina e para que a miosina se dissocie da actina é preciso que uma nova molécula de ATP se prenda a ela, rompendo o complexo actomiosina. Se não tiver ATP os filamentos grossos continuam fortemente ligados aos filamentos finos, num processo chamado de *rigor mortis* (GOMIDE *et al.*, 2013).

Para que ocorra o relaxamento muscular é necessário o restabelecimento da impermeabilidade do retículo sarcoplasmático ao íon cálcio, cessando o seu

estímulo. Assim a concentração de íons cálcio no sarcoplasma vai voltar a níveis normais de quando o músculo está em repouso (BERG *et al.*, 2014).

Com a redução da concentração de cálcio livre no sarcoplasma, o cálcio ligado à cabeça da miosina se desprende com isso a troponina readquire sua conformação original, fazendo com a troponina e tropomiosina inibam a formação de pontes entre os filamentos de actina e a miosina, impedindo a contração até a indução por novo estímulo nervoso (GOMIDE *et al.*, 2013).

O ATP é a fonte de energia necessária para os processos de contração e relaxamento muscular, sendo que esta requer alto gasto energético. Porém, a quantidade de ATP nos músculos é muito pequena, garantindo uma contração de 1 a 2 segundos (BERG *et al.*, 2014).

Dessa maneira, o ADP, produzido na hidrólise do ATP, precisa ser refosforilado rapidamente para sintetizar novamente o ATP, necessário para sustentar o nível energético durante a contração. Para que ocorra essa refosforilação são necessárias diversas fontes de energia, que estão relacionadas a basicamente três mecanismos: mecanismo imediato (fosfocreatina), mecanismo glicolítico e mecanismo oxidativo (GOMIDE *et al.*, 2013).

A creatina fosfato é o meio mais rápido de formar ATP na célula muscular. Essa molécula contém fosfato de alta energia que pode ser transferido para a molécula de ADP para produzir ATP e creatina no músculo esquelético (GOMIDE *et al.*, 2013; BERG *et al.*, 2014; FERREIRA, 2014).

Embora a fosfocreatina seja uma fonte de reserva de grupos, com alto potencial de fosforilação, sua quantidade é limitada. O músculo em repouso possui de duas a cinco moléculas de creatina fosfato para cada ATP armazenado, de modo que a contração muscular só pode ser mantida por esse mecanismo por um curto período de tempo; portanto é necessária outra maneira de reposição desse ATP para manter suas reservas por um maior tempo (GOMIDE *et al.*, 2013).

A quantidade de energia fornecida pelo lactato é maior que a da creatina fosfato, porém esta fornece uma fonte imediata de energia que sustentará a contração muscular por um período máximo de 15 segundos (MAUGHAN e BURKE, 2004). Quantidades muito maiores de energia podem ser obtidas pela oxidação de ácidos graxos, mas a taxa máxima de geração de ATP nessa reação é dez vezes mais lenta que a da creatina fosfato. Assim, o ATP é gerado muito mais lentamente

a partir dos depósitos de grande capacidade do que a partir daqueles limitados (BERG *et al.*, 2014).

A reação da creatina quinase, no sentido de utilizar a creatina fosfato para gerar ATP, utiliza, além do ADP, próton  $H^+$ . Por outro lado, a hidrólise do ATP produz prótons  $H^+$ . Logo, no início das contrações musculares de alta intensidade, na qual a hidrólise do ATP é intensa, a ligação entre as reações da creatina quinase e da ATPase pode evitar a acidificação intracelular (WALLIMANN *et al.*, 2007).

A creatina quinase está presente em concentrações elevadas nos tecidos muscular e nervoso para lidar com fluxos metabólicos elevados durante períodos de grande utilização de energia. A creatina quinase funciona como importante enzima celular facilitando a transdução nas fibras musculares ao catalisar a transferência reversível de uma molécula de fosfato entre ATP e a creatina fosfato. Existem várias isoformas da creatina quinase sendo que as primeiras subunidades descobertas foram a M e B, correspondendo o local que foram caracterizadas inicialmente, músculo e cérebro, respectivamente (WILLIAMS *et al.*, 2000).

O mecanismo mais eficiente para produção de ATP é o metabolismo oxidativo que consiste em uma série de reações coletivas. A via metabólica oxidativa utiliza o oxigênio como acceptor final de elétrons e compreende: glicólise, o ciclo do ácido tricarboxílico e a fosforilação oxidativa (GOMIDE *et al.*, 2013).

A glicólise é uma sequência de reações que convertem a glicose em dois piruvatos, com produção de ATP. Em condições aeróbias, o piruvato é encaminhado para a matriz mitocondrial e entra no ciclo de Krebs, produzindo NADH e  $FADH_2$ . Esses compostos são totalmente oxidados na cadeia transportadora de elétrons (BERG *et al.*, 2014).

Quando o músculo se contrai lentamente e o fornecimento de oxigênio é adequado, o mecanismo aeróbio juntamente com a hidrólise da creatina fosfato pode suprir a necessidade energética do músculo. No entanto, quando a contração é rápida e não há quantidade suficiente de oxigênio no músculo, a ressíntese de ATP via metabolismo oxidativo é limitada. Em condições anaeróbias, o piruvato se transforma em ácido láctico, usando a glicólise como uma forma de obtenção rápida de ATP (NELSON e COX, 2011).

## 2.2 Conversão do músculo em carne

O músculo é o principal componente da carne, porém há diferenças fundamentais entre eles. A conversão do músculo em carne depende de uma série de alterações *post mortem*, provenientes de transformações bioquímicas, decorrentes do abate animal que se iniciam no momento da sangria. Embora essas reações sejam iguais no animal vivo e após o abate, depois da morte fisiológica, os tecidos já não têm mais a capacidade de eliminar os metabólitos produzidos (ROYER *et al.*, 2010).

A conversão de músculo em carne ocorre devido a uma série de reações promovidas pela necessidade de manter as funções vitais, sendo reguladas pelo mecanismo homeostático, na tentativa de manter o suprimento energético essencial à vida (RAMOS e GOMIDE, 2017).

Em decorrência do abate animal a circulação sanguínea é perdida não sendo mais possível transportar hormônios e ocorre a falta de oxigenação no cérebro e tecidos periféricos. Além disso, as membranas celulares perdem sua seletividade e os tecidos tornam-se suscetíveis à invasão bacteriana, por conta da remoção do couro e da abertura das carcaças (ORDONEZ *et al.*, 2005).

Em razão da falta do sistema respiratório e circulatório, o calor corporal não é mais removido do músculo para ser dissipado para a superfície. Com isso, o músculo deixa de receber nutrientes e oxigênio e de excretar produtos resultantes do metabolismo celular. Porém, o tecido muscular, assim como os outros tecidos, permanece realizando as suas funções metabólicas e tenta se adaptar as novas condições para manter a homeostase, o que precisa necessariamente de energia (GOMIDE *et al.*, 2013).

A produção de ATP ao longo do período *post mortem* é mantida por meio das reservas de nutrientes, sendo o glicogênio a principal fonte da célula. Para obter a energia necessária para manutenção de sua integridade celular pós-sangria, o músculo realiza a degradação do glicogênio para a produção de ATP, usando o mecanismo aeróbio enquanto dispõe de oxigênio estocado nas mioglobinas. A creatina fosfato é um mecanismo imediato de produção de energia, porém, é limitado e cessa no momento em que suas reservas esgotam-se e não são renovadas com a finalização do mecanismo aeróbico. (GOMIDE *et al.*, 2013).



No entanto, exauridas as reservas de oxigênio, que não serão renovadas em virtude do interrompimento da circulação sanguínea, existentes nas mioglobinas, a ressíntese muscular de ATP passa a ser executada apenas pela via anaeróbica, ocasionando a produção de ácido láctico, a partir do piruvato, para assim manter o sistema redutor na célula. Visto que não há sistema circulatório para remover o ácido láctico produzido, então o mesmo se acumula no músculo, levando a redução do pH muscular (RAMOS e GOMIDE, 2017).

Com isso, o ácido láctico vai continuar sendo produzido e se acumulando no músculo, até que toda a reserva de glicogênio seja consumida ou até que ocorra uma redução extrema do pH muscular inativando as enzimas glicolíticas (LAWRIE, 2005).

A redução do pH muscular, devido ao acúmulo de ácido láctico, é uma das transformações bioquímicas mais expressivas que surgem durante sua conversão em carne. Em um animal vivo, o pH situa-se entre 6,8 e 7,2; no entanto, 24 horas *post mortem*, em uma acidificação adequada, o pH se encontra entre 5,5 e 5,8. Essa acidificação vai contribuir para a conservação da carne, sendo de extrema importante para a indústria. No entanto, não é só o pH final que é importante, mas também a taxa de declínio do pH, visto que influencia diretamente na qualidade da carne, como será discutido adiante (RAMOS e GOMIDE, 2007).

### **2.3 Creatina**

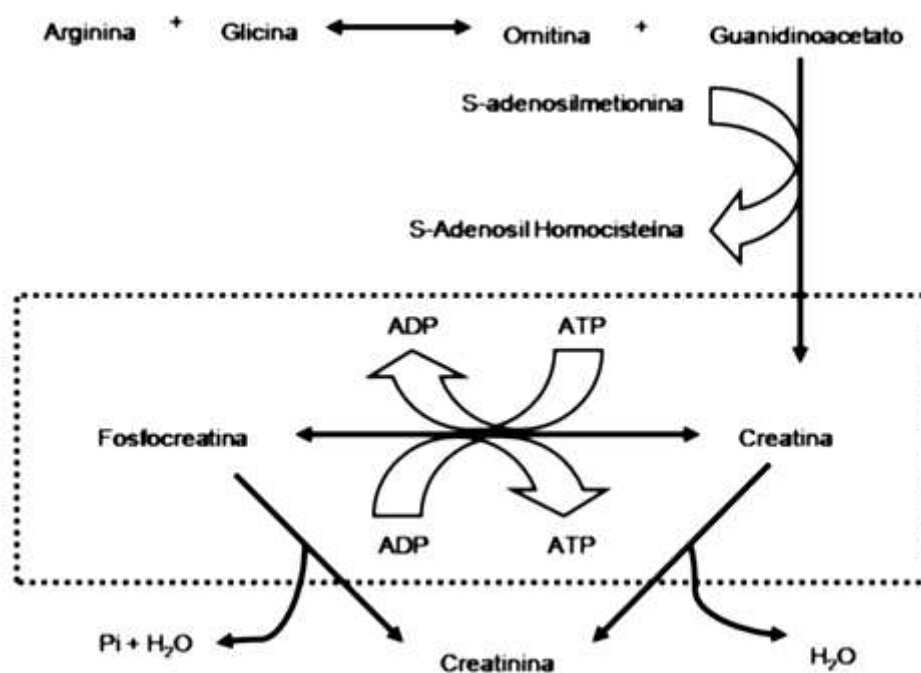
A creatina, monohidrato de creatina ou ácido acético metilguanidina foi descoberta em 1835 pelo cientista francês, Michel-Eugene Chevreul, que extraiu da carne um novo constituinte orgânico e assim o nomeou. Justus Von Liebig em 1847 verificou maior presença de creatina em animais selvagens quando comparado com animais de cativeiro (WILLAMS *et al.*, 2000). No entanto, somente em meados 1990, realizou-se a primeira pesquisa com esta substância (SCHOCH *et al.*, 2006).

A creatina é um aminoácido não essencial, podendo ter sua síntese endógena realizada principalmente pelo fígado, pâncreas e rins a partir de aminoácidos, como arginina, glicina e metionina ou adquirido através da dieta na forma de creatina ou na forma de ácido guanidinoacético que é o precursor direto da creatina. A maior parte da creatina endógena ou adquirida é armazenada no músculo esquelético e

uma pequena parte pode ser encontrada no coração, cérebro e testículos. Há evidência que o cérebro e testículos podem não ser dependentes da produção de creatina pelo fígado e rins (MOORE, 2000; BRAISSANT *et al.*, 2001).

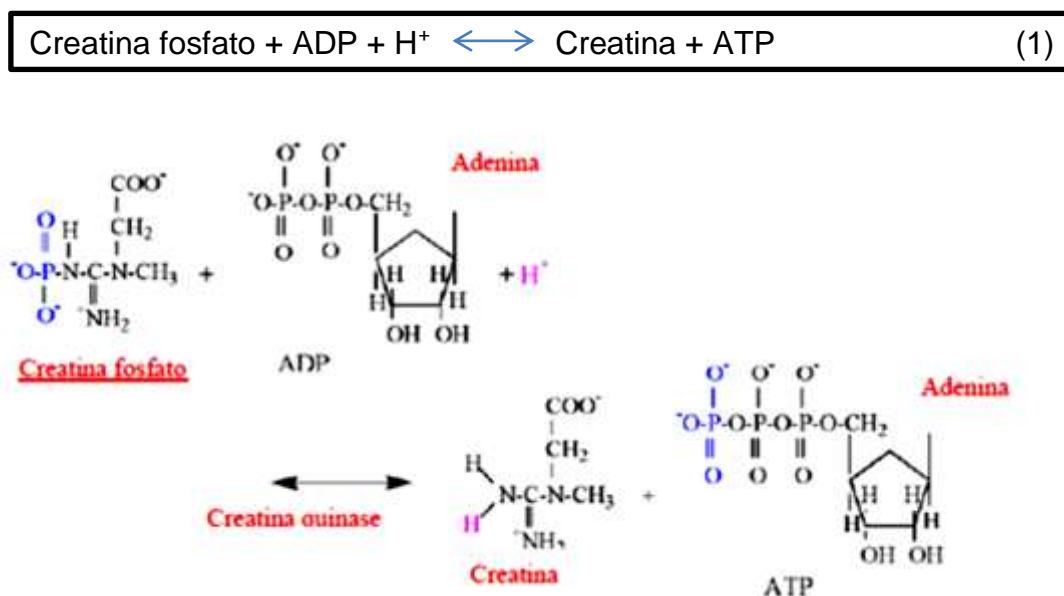
A creatina é um composto nitrogenado sintetizado endogenamente num processo formado por duas etapas principais, em que, inicialmente, a arginina transfere o seu grupo amino para a glicina para sintetizar o guanidinoacetato e a ornitina, numa reação de transaminação (Figura 1), catalisada pela enzima arginina-glicina-transaminase (AGAT). Em seguida, o guanidinoacetato é sintetizado nos rins e transportado pela corrente sanguínea para o fígado, no qual o grupo metil proveniente da metionina vai formar o S-adenosilmetionina, sendo catalisado pela ação da enzima guanidino-acetato-metiltransferase (GAMT) e para finalizar a creatina é formada quando o S-adenosilmetionina é transferido para o guanidinoacetato (WYSS e KADDURAH-DAOUK, 2000).

A creatina é degradada diariamente tornando necessária a sua síntese ou ingestão diária para seu armazenamento nos tecidos. A degradação envolve a conversão da creatina e da fosfocreatina em creatinina no músculo e sua excreção pelos rins (Figura 1). Estes compostos sofrem reações irreversíveis de desidratação e ciclização e estas reações ocorrem mediante um processo espontâneo e não enzimático (WYSS e KADDURAH-DAOUK, 2000).



**Figura 1.** Reações enzimáticas na formação da creatina (TORRES-LEAL e MARREIRO, 2008).

A reação (1) da creatina fosfato, catalisada pela enzima creatina quinase é fundamental para que ocorra a contração muscular, uma vez que permite a ressíntese do ATP (Figura 2) (FONTANA, 2003).



**Figura 2.** Reação da creatina quinase. Fonte: Cidade (2003).

A reação acima mostra a transferência de um grupo fosfato da molécula de creatina fosfato para o ADP e sua concomitante produção de ATP. Segundo Fontana (2003) um próton do meio é consumido para cada fosfato transferido da creatina fosfato para a molécula de ATP, sendo que esse H<sup>+</sup> será utilizado na recomposição do amino da creatina.

No meio intracelular, a creatina sintetizada endogenamente é convertida a creatina fosfato, sendo catalisada pela enzima creatina quinase, que vai transferir o fosfato do ATP para a creatina, produzindo assim o ADP e a creatina fosfato, processo esse que acontece na mitocôndria. O ADP liberado por essa reação pode ser transportado de volta para a matriz na qual será refosforilado à ATP. A creatina fosfato é transportada para sítios que possuem alta demanda e consumo de energia, através de transportadores específicos da membrana mitocondrial (KREIDER, 1998).

Portanto, durante uma contração muscular, a creatina fosfato transfere seu fosfato de alta energia para o ADP, para gerar ATP. Dessa maneira, o ATP é ressintetizado, por meio da desfosforilação da creatina fosfato que é uma fonte de rápida mobilização energética, onde o ATP gerado (ADP + creatina) é capaz de manter o aporte de energia ao longo da atividade muscular (FERREIRA, 2014).

A maior parte da creatina ingerida é absorvida pelo lúmen intestinal, passando para a corrente sanguínea onde será distribuída para diferentes tecidos corpóreos, incluindo os pulmões, o coração, os testículos, o cérebro, os rins, o fígado e principalmente os músculos esqueléticos (IPSIROGLU *et al.*, 2001).

A creatina é uma substância osmoticamente ativa e isso faz com que o aumento de sua concentração intracelular seja capaz de impulsionar um influxo de água para dentro da célula. Essa hidratação celular impulsionada pela suplementação de creatina pode vir a aumentar a síntese proteica e diminuir a proteólise (WILLIAMS *et al.*, 2000; BEMBEN *et al.*, 2001).

A suplementação de creatina visa o aumento do seu conteúdo total no músculo (creatina + creatina fosfato) com o objetivo de ter maior quantidade de energia de forma imediata. A quantidade de creatina fosfato excede 3 a 4 vezes a de ATP no músculo (SCHOCH *et al.*, 2006), dessa forma, há aumento na produção de ATP *post mortem* com conseqüente redução na produção de ácido láctico pela via glicolítica evitando a queda rápida do pH pós abate (MADDOCK *et al.*, 2002).

Os efeitos benéficos da creatina, independente do metabolismo energético, incluem efeito antioxidante e interferência na sinalização celular afetando a expressão de fatores de transcrição do músculo ou ativador importante das vias de sinalização e reduz apoptose (HESPEL e DERAIVE, 2007; DELDICQUE *et al.*, 2008).

As dietas para suínos são formuladas com baixa ou nenhuma quantidade de proteína de origem animal, o que pode acarretar em baixos níveis de creatina na ração. Isso porque em alimentos vegetais não são encontradas quantidades significativas de creatina ou ácido guanidinoacético. Dessa maneira, animais que consomem dietas contendo somente vegetais conseguem manter os níveis de creatina regular por meio da síntese endógena. Para esses animais, a adição de creatina ou seu precursor pode ser uma forma de manter os níveis de creatina constantes nos tecidos (MICHIELS *et al.*, 2011).

Vários estudos fundamentam os efeitos benéficos da suplementação de creatina ou ácido guanidinoacético para suínos em todas as fases (reprodutiva,

inicial, crescimento e terminação), tais como, no desenvolvimento do feto, crescimento do leitão e desempenho e qualidade de carne em suínos em crescimento e terminação. Entretanto, os resultados desses estudos são controversos, sendo necessárias mais pesquisas nesta área (MACHADO *et al.*, 2008; BROSNAN *et al.*, 2009; BERG *et al.*, 2011; LAHUCKY *et al.*, 2012; VALLET *et al.*, 2013; LI *et al.*, 2015).

## 2.4 Creatina e qualidade de carne

Segundo Latorre (2003) os parâmetros de qualidade de carne são determinados segundo dois enfoques principais: o do consumidor, que está mais preocupado com as características sensoriais, especialmente cor, maciez, sabor e textura; e o da indústria, que está mais preocupada com as características de rendimento e conservação. Desta forma, diversos parâmetros e/ou índices têm sido sugeridos para determinação da qualidade da carne suína, destacando-se os indicadores de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), a variação *post mortem* do pH muscular, a capacidade de retenção de água, a determinação da força de cisalhamento e o grau de marmorização, dentre outros.

O foco de muitas pesquisas tem sido o papel da nutrição como uma forma de reduzir as variações na qualidade da carne fresca. Interações que modifiquem o metabolismo do músculo devem ser aperfeiçoadas com o objetivo de reduzir a incidência de carne PSE e dessa forma melhorar a qualidade da carne (MADDOCK *et al.*, 2002).

Alguns pesquisadores têm avaliado a suplementação de creatina como uma forma de fornecer ATP para a contração muscular *post mortem*, aumentando desta forma a quantidade de energia disponível para a produção de ATP que não seja a via glicolítica e nem a produção de ácido lático, melhorando assim a qualidade da carne suína, devido a redução da velocidade de queda do pH logo após o abate (MADDOCK *et al.*, 2002).

O tempo de instalação do *rigor mortis* depende de fatores internos (reserva de glicogênio e creatina fosfato os mais importantes, e quanto maior a concentração desses, mais tarde aparecerá o *rigor*) e externos (temperatura, pois a glicólise e

consequentemente a queda do pH ocorre mais lentamente quanto menor for a temperatura da carne) então com o resfriamento rápido os processos *post mortem* são retardados e o *rigor* se estabelece mais tardiamente. Se a carne for congelada antes do aparecimento do *rigor*, o mesmo só se completará após o descongelamento da carne (HUFF-LONERGAN *et al.*, 1995).

Dessa forma, a suplementação com creatina pode impedir a redução rápida do pH *post mortem*, impedindo a desnaturação proteica e melhorando este aspecto gerando uma carne menos pálida e mais atrativa para o consumidor.

#### 2.4.1 pH

O pH é o parâmetro utilizado para determinar o nível de acidificação e alcalinidade da carne. É uma das formas de avaliação mais utilizada atualmente pelas indústrias para auxiliar na determinação da qualidade da carne, por ser prática e fornecer resultados instantâneos. Cor, firmeza e capacidade de retenção de água são afetadas pelo pH do músculo. O pH final vai influenciar na conservação e nas propriedades tecnológicas da carne. Valores ótimos de pH (avaliado 24 horas após o abate) para carne fresca de suínos deve estar entre 5,5 a 5,8. Neste intervalo, o crescimento de muitos microrganismos são inibidos, principalmente os proteolíticos (LUDTKE *et al.*, 2012).

O pH do músculo está relacionado com o *rigor mortis*, e a sua redução *post mortem* é devido ao aumento da concentração de ácido láctico no músculo. Então, o pH é um indicador seguro e sensível do índice e da extensão da glicólise *post mortem* (GOMIDE *et al.*, 2013).

Vários fatores podem interferir na glicólise *post mortem* e na velocidade de redução do pH, dentre estes podemos citar o manejo pré-abate inadequado, a predisposição genética, metabolismo elevado de alguns animais, dentre outros, que aceleram o processo de glicólise. Isto acontece por conta da liberação de adrenalina e noradrenalina na corrente sanguínea do animal que promovem a degradação da glicose muscular em ácido láctico, resultando na queda do pH (GOBESSO *et al.*, 2015).

A maior taxa de redução do pH muscular em suínos ocorre devido à maior proporção de fibras brancas nos músculos, pelo fato de possuírem uma menor

quantidade de mioglobina, portanto menos oxigênio estocado e maior teor de glicogênio e glicose; essas duas características fazem com que a produção de energia seja basicamente pelo metabolismo glicolítico, que apresenta o ácido láctico como produto final (GOMIDE *et al.*, 2013).

A queda do pH no músculo devido ao acúmulo de ácido láctico é uma das mais significativas mudanças que ocorrem no músculo durante sua conversão em carne e está diretamente relacionado com a qualidade final da carne. A rápida queda do pH (5,8) logo após o abate, em presença de temperatura muscular elevada (30°C), leva à desnaturação de proteínas responsáveis pela estrutura do músculo como as do tecido conjuntivo, sarcoplasmáticas e miofibrilares, resultando em carne mais flácida e com baixa capacidade de retenção de água (MOURA *et al.*, 2015).

Da mesma forma, ocorre desnaturação da mioglobina (proteína globular que carrega oxigênio), e que confere cor ao músculo, gerando uma palidez na carne. Estas alterações tornam este tipo de carne muitas vezes rejeitada pelo consumidor gerando prejuízo à indústria (MOURA *et al.*, 2015).

#### 2.4.2 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água é definida como a habilidade da carne em reter água durante a aplicação de alguma força externa (corte aquecimento, moagem ou prensagem). Pode ser avaliada através de perdas de água no gotejamento, descongelamento e cocção (DABÉS, 2001).

A capacidade de retenção de água é um importante índice de qualidade, pois a quantidade de água na carne pode influenciar o seu valor comercial, além disso, ela estar diretamente relacionada com as propriedades sensoriais da carne (suculência, textura, sabor) (ZEOLA, 2007).

Quanto maior a capacidade de retenção de água da carne, menores são as perdas por gotejamento e evaporação durante o armazenamento, transporte e comercialização, o que possibilita maior rentabilidade, além disso, a carne fica mais suculenta, com uma maior percepção sensorial de maciez (RAMOS e GOMIDE, 2017).

As proteínas miofibrilares actina e miosina são responsáveis pela retenção da água no tecido muscular. A maior parte da água do músculo se encontra no meio intracelular, sendo que uma parte é mantida no sarcoplasma entre as miofibrilas e a outra parte é mantida pelas miofibrilas, entre os miofilamentos. O restante da água muscular está no meio extracelular, entre fibras e feixes de fibras, e pode sair lentamente para a superfície da carne, onde vai evaporar ou desprende-se por gotejamento (GOMIDE *et al.*, 2013).

A desnaturação proteica excessiva pode ser causada por um rápido declínio do pH e a ocorrência de altas temperaturas (GOMIDE *et al.*, 2013). Se a redução do pH *post mortem* é muito rápida e a temperatura da carcaça ainda é alta, ocorre uma desnaturação parcial das proteínas sarcoplasmáticas (proteínas do citoplasma das células musculares) e miofibrilares, ocasionando uma diminuição da capacidade de retenção de água da carne. Ocorre desta maneira, um aumento na dispersão da luz, resultando em carne com aparência pálida (MACHADO, 2008).

A capacidade de retenção de água está relacionada com a temperatura e o pH do músculo durante a sua conversão em carne (SCHÄFER *et al.*, 2002). Assim, baixo pH e elevada temperatura reduzem a capacidade de retenção de água (YOUNG *et al.*, 2005). Com isso, o retardo no declínio do pH e o possível aumento da pressão osmótica causada pelo creatina fosfato (BERG e ALLEE, 2001) podem aumentar a capacidade de retenção de água em suínos suplementados com creatina (YOUNG *et al.*, 2005).

#### 2.4.3 Cor

A cor é muito importante, porque, na carne fresca, tem a função de atrair o consumidor e determinar a primeira impressão. A cor da carne pode ser classificada visualmente por uma pessoa treinada usando uma escala de cor (National Pork Producers Council desenvolveu um escore de cor variando de 1 a 5), ou objetivamente com utilização de colorímetros (YANG e JIANG, 2005).

A cor é o resultado da absorção e da reflexão da luz polarizada sobre os pigmentos de uma superfície ou alimento. A cor da carne está associada às proteínas sarcoplasmáticas mioglobina e hemoglobina, que apresentam um grupo



prostético heme e possuem afinidade pela molécula de oxigênio (GOMIDE *et al.*, 2013).

O pH e a temperatura podem influenciar nas características de cor da carne de suínos, devido a influência na oxidação da espécie de mioglobina reduzida, deoximioglobina (Mb) e oximioglobina (MbO<sub>2</sub>) predominante na superfície da carne fresca, na atividade das enzimas que consomem oxigênio (OSORIO *et al.*, 2009) e na desnaturação de enzimas que afetam a luminosidade, estabilidade da cor e propriedade de dispersão da luz (LINDAHL *et al.*, 2006).

O método CIELAB é o mais utilizado para a descrição física da cor da carne por meio dos espaços L\* a\* b\* (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION – CIE, 1978), onde o L\* indica a luminosidade, enquanto que a\* e b\* são as coordenadas de cromaticidade, representam a intensidade que vai de verde a vermelho e de azul a amarelo, respectivamente (HUNTERLAB, 1996).

#### 2.4.4 Carne DFD e PSE

O glicogênio muscular desempenha um papel importantíssimo na conversão do músculo em carne, expressando diferentes níveis de qualidade da carne. As duas alterações de qualidade mais frequentes são a carne pálida, mole e exsudativa (PSE) e a carne escura, firme e seca (DFD), sendo ambas provenientes do metabolismo *post mortem*. No entanto, a carne PSE tem uma maior importância econômica devido ao comprometimento do processamento de produtos industrializados (GOMIDE *et al.*, 2013).

A carne DFD é uma alteração causada pelo estresse crônico que ocorre antes do abate, principalmente quando essa condição é estendida, como nos períodos de coleta, no embarque e transporte dos animais. Nos casos em que o estresse é prolongado, os animais usam o glicogênio muscular para produzir energia pela via aeróbia. Em decorrência disso, no momento do abate os níveis de glicogênio estarão muito baixos, com uma disponibilidade insuficiente para ser utilizado pela via glicolítica quando as reservas de oxigênio esgotar. Conseqüentemente, a carne apresenta alto valor de pH *post mortem*, devido a baixa produção de ácido láctico (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Como na condição DFD o pH continua próximo a neutralidade, haverá pouca desnaturação proteica. Dessa maneira, as proteínas miofibrilares apresentam elevada solubilidade e a carne alta capacidade de retenção de água. Além disso, sua conservação é complicada por apresentar pH ótimo para a multiplicação de grande parte dos microrganismos deterioradores (LAWRIE, 2005).

Já a condição PSE é um problema causado pelo estresse agudo, principalmente maus tratos, excitação e insensibilização inadequada, a que os animais são submetidos antes do abate, sobretudo nos períodos que envolvem o manejo do suíno no abatedouro. A carne PSE acomete, sobretudo animais que tem predominância de fibra branca com elevada concentração de glicogênio, proveniente de uma elevada taxa de queda do pH muscular, provocada devido ao metabolismo intenso nos períodos que antecede o abate (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Além disso, a carne PSE é normalmente decorrente de animais altamente suscetíveis ao estresse e devido a essa predisposição, apresentam condições musculares de ausência de oxigênio nos momentos que antecedem o abate, principalmente por conta da atuação da adrenalina e noradrenalina que são liberados com o estresse. Assim, os músculos desses animais utilizam o mecanismo anaeróbico mais rapidamente, devido às baixas concentrações de oxigênio no músculo (GOMIDE *et al.*, 2013).

A produção de ácido láctico começa quando o animal ainda estava vivo, associada à elevada glicólise *post mortem*, leva a um rápido declínio do pH muscular. Logo após o abate, a temperatura corporal está elevada (40 a 42°C) por conta do acelerado metabolismo energético muscular (GOMIDE *et al.*, 2013).

Utilizando como parâmetros o pH, cor e capacidade de retenção de água a carne suína será classificada como normal, PSE ou DFD de acordo com a Tabela 1 (BRIDI e SILVA, 2009).

Tabela 1 Classificação da carne suína em Normal, PSE e DFD.

	pH inicial	pH final	Cor L*	Perda por exsudação
Normal	≥ 5,8	< 6,0	43 > 49	< 5%
PSE	< 5,8	≤ 5,6	> 50	> 5%
DFD	-	> 6,0	< 42	< 5%

As técnicas de bem estar e ambiência durante o manejo e transporte nos momentos que antecedem o abate dos animais são fundamentais, pois permitem a redução de perdas das características quantitativas e qualitativas das carcaças suínas, principalmente a formação de carne PSE, provocada especialmente pelo manejo pré-abate inadequado (FERREIRA *et al.*, 2010).

O manejo pré-abate corresponde a um processo complexo que exerce grande influência nas características de qualidade do produto final, causando estresse e comprometendo o bem estar animal (APPLE *et al.*, 2005). Essa etapa envolve uma série de manejos dos animais, como: tempo de jejum, embarque, transporte, desembarque, período de descanso, atordoamento e abate que necessitam ser realizados com bem estar animal. Se esses manejos não forem realizados de maneira adequada podem ocorrer incidência de carne PSE (DALLA COSTA *et al.*, 2006).

O consumidor busca um alimento seguro, de fácil preparo, nutritivo e saboroso, no entanto também deve ser produzido com valores éticos pessoais. Assim, é notável a importância que o bem estar animal tem adquirido diante da indústria e dos consumidores (RAMOS e GOMIDE, 2017).

## **2.5 Creatina para suínos na fase de crescimento/terminação**

Young *et al.* (2005) conduziram um estudo para avaliar diferenças existentes entre a raça Duroc e Landrace e o efeito da suplementação com monohidrato de creatina. A suplementação de creatina proporcionou aumento linear no ganho de peso diário, sendo mais pronunciado em fêmeas Landrace comparado com as fêmeas Duroc. Esse aumento no ganho pode ser devido ao aumento da retenção de água no músculo ou ao aumento da deposição de proteína muscular, pois a creatina fosfato pode aumentar a pressão osmótica intracelular (KUTZ e GUNTER, 2003).

Neste mesmo estudo, Young *et al.* (2005) observaram que suplementação de creatina em animais da raça Duroc aumentou o pH 30 e 45 min em relação ao grupo controle. O pH nos animais Landrace não teve diferença com a suplementação. A perda de água da carne dos animais da raça Duroc foi menor comparada ao da raça Landrace, devido ao teor de marmoreio na carne e a suplementação com monohidrato de creatina reduziu significativamente a perda por gotejamento em

Duroc e não teve efeito sobre a raça Landrace. A suculência da carne de animais da raça Landrace foi menor que da raça Duroc, devido à gordura intramuscular característica da raça Duroc.

Young *et al.* (2005) avaliaram a suplementação de monohidrato de creatina sobre a cor da carne. Os animais foram suplementados com 0; 12,5; 25; 50g/dia de monohidrato de creatina por um período de 5 dias antes do abate. A carne de animais da raça Landrace teve maior L\* (Luminosidade), a\* (verde-vermelho) e b\* (azul-amarelo) em relação à carne de animais da raça Duroc. Os resultados deste experimento mostraram que as diferenças dos dados obtidos na literatura em relação à suplementação de monohidrato de creatina podem ter ocorrido pela raça.

Lindahl *et al.* (2006) conduziram um trabalho para avaliar o efeito da suplementação da creatina em suínos da raça Duroc e Landrace e observaram que os animais que receberam suplementação (50g/dia por 5 dias antes do abate) de creatina tiveram valores de pH e L\* maiores e valores de a\* e b\* do lombo menores. Porém, o lombo dos animais Duroc foi mais escuro (> valores de L\*) e apresentaram valores menores de a\* e b\* que o lombo dos animais Landrace. A suplementação de creatina pode influenciar o valor do pH no momento do abate, causando um declínio devagar do pH *post mortem* quando a carcaça ainda está com temperatura elevada.

Utilizando suínos com peso médio inicial de 107 kg, Berg e Allee (2001) avaliaram os efeitos da suplementação de 25 g de monohidrato de creatina, durante 0, 5 e 10 dias pré-abate. Os autores observaram um aumento linear para o pH inicial de 6,12; 6,30 e 6,43 para o músculo *Semimembranosus* do grupo controle, 5 e 10 dias de suplementação, respectivamente.

Berg *et al.* (2003) avaliando a suplementação de creatina para suínos (híbridos) nos cinco dias que antecedem o abate, não observaram efeito sobre o peso de carcaça, pH aos 45 min *post mortem* e na capacidade de retenção de água em relação a dieta controle sem inclusão de monohidrato de creatina.

Maddock *et al.* (2002) observaram o efeito da suplementação de monohidrato de creatina sobre o desempenho, as características de carcaça e qualidade da carne de suínos com peso médio inicial de 110 kg. Os animais foram suplementados com 0 e 25 g/dia de monohidrato de creatina por um período de 5 dias antes do abate. Os suínos suplementados ganharam 34% mais peso no período de suplementação de 5 dias do que o controle. O pH medido aos 45 min foi de 6,2 e 5,9 para os animais suplementados e o grupo controle, respectivamente. Não houve efeito

significativo da suplementação de monohidrato de creatina sobre a porcentagem de perda por exsudação em nenhum dos músculos avaliados.

James *et al.* (2002) avaliando os efeitos da suplementação de creatina sobre o desempenho, característica de carcaça e qualidade de carne verificaram que a carne de animais (híbridos) suplementados apresentaram menor perda por gotejamento aos 14 dias *post mortem* em relação a carne de animais que não receberam. A menor perda por gotejamento pode estar associada a maior retenção de água das células musculares da carne de animais que receberam monohidrato de creatina. A suplementação de monohidrato de creatina não afetou os dados de desempenho e característica de carcaça.

Machado *et al.* (2008) observaram suínos (machos e fêmeas) com peso médio de  $102,2 \pm 5,14$  kg na fase pré-abate suplementados com sulfato de magnésio, monohidrato de creatina e a associação de ambos durante 5 dias antes do abate e verificaram que os animais suplementados apresentaram valor de pH ao 45 min após o abate superior ao do grupo controle e os animais suplementados com sulfato de magnésio com ou sem adição de CMH apresentaram aumento significativo no valor do pH, 24 horas após o abate. Os suínos suplementados com sulfato de magnésio apresentaram uma carne menos pálida (menor L\*) e os animais suplementados com monohidrato de creatina com ou sem a adição de sulfato de magnésio tiveram uma carne mais avermelhada (maior a\*).

Algumas pesquisas têm avaliado a suplementação de CMH em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação (YOUNG *et al.*, 2005; LINDAH *et al.*, 2006; YOUNG *et al.*, 2007; BERG *et al.*, 2011; LAHUCKY *et al.*, 2012). Entretanto, os dados da literatura se mostram controversos quanto aos efeitos da inclusão de creatina sobre a deposição de tecido muscular e de gordura, características de carcaça e nos parâmetros de qualidade da carne. Essa inconsistência pode ser devido a fatores que afetam a resposta da creatina como as características genéticas, tempo e dosagem fornecida, que devem ser melhor esclarecidas.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os métodos que envolveram o manejo dos animais foram realizados em conformidade com os regulamentos aprovados pelo Comitê de Ética no uso de Animais (CEUA/UFRB), registrado sob número de processo 23007.018733/2016-10.

#### **3.1 Local, instalações e ambiência**

O experimento foi conduzido em Granja comercial localizada na cidade de Simões Filho - BA, situado à 12° 47' 04" de latitude Sul, 38° 24' 14" de longitude Oeste e 52 m de altitude.

Os animais foram alojados individualmente em baias com dimensões de 1,20m x 1,20m, contendo comedouros e bebedouros manuais, localizadas em galpão de alvenaria, composto por telhado de fibrocimento, com piso de concretos e laterais abertas.

As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas diariamente por meio de termohigrômetro (7, 9, 11, 13, 15 e 17 horas) para posterior cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), de acordo com a equação proposta por Buffington *et al.* (1982).

#### **3.2 Animais e delineamento experimental**

Foram utilizados 50 suínos machos castrados, híbridos comerciais (Landrace, Large White e MO25C x Pietran MS115 e Agrocerces AGPIC 337) com peso médio inicial de  $85 \pm 4,65$  kg, distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado, dentro de 5 tratamentos, 10 repetições e um animal por unidade experimental. Os animais foram identificados individualmente por meio de brincos.

### 3.3 Dietas e manejo alimentar

Os animais passaram por um período de adaptação ao manejo de seis dias. Após o período de adaptação, o grupo controle continuou a receber a ração comercial (T1) e os demais grupos passaram a receber a ração comercial suplementada com níveis crescentes de creatina 100% pura (T2 - 15g/dia, T3 - 30g/dia, T4 - 45g/dia e T5 - 60g/dia), durante um período de cinco dias que antecederam ao abate. Para cada tratamento, a creatina foi misturada em 0,5kg de ração para cada animal como forma de garantir a ingestão total. Depois de consumido, os animais receberam ração e água à vontade, sendo a ração comercial formulada e produzida na própria granja (Tabela 2).

Tabela 2 Composição centesimal e bromatológica da ração comercial

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade</b>
Milho Moído 7,8%	78,420
Farelo de soja 46%	11,000
Farinha de carne 46%	4,000
Farinha de sangue 80%	4,000
Sebo bovino	1,000
Núcleo Optimix Terminação 1,5% <sup>1</sup>	1,500
L-Lisina HCl 99%	0,080
<b>Total</b>	<b>100,000</b>
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3.303,000
Proteína Bruta (%)	16,290
Fibra Bruta (%)	1,790
Gordura (%)	4,830
Cinzas (%)	4,610
Cálcio (%)	0,820
Fósforo Total (%)	0,500
Lisina Total (%)	0,910

<sup>1</sup>Níveis de garantia (por kg de produto): Ácido Fólico (min) 25,20 mg/kg; Ácido Pantotênico (min) 720,00 mg/kg; Biotina (min) 7,20 mg/kg; Cálcio (máx.) 103,4 g/kg; Cálcio (min) 73,40 g/kg; Cobre (min) 6.620,00 mg/kg; Ferro (min) 4.000,00 mg/kg; Iodo (min) 60,00 mg/kg; Manganês (min) 2.400,00 mg/kg; Niacina (min) 1.259,00 mg/kg; Selênio (min) 12,58 mg/kg; Sódio (min) 125,00 g/kg; Vitamina A (min) 220.000,00 UI/kg; Vitamina B1 (min) 90,00 mg/kg; Vitamina B12 (min) 1.080,00 mcg/kg; Vitamina B2(min) 234,00 mg/kg; Vitamina B6 (min) 126,00 mg/kg; Vitamina D3 (min) 70.000,00 UI/kg; Vitamina E (min) 1.000,00 UI/kg; Vitamina K (min) 108,00 mg/kg; Zinco (min) 4.800,00 mg/kg; Fitase (min) 33.340,00 ftu/kg.

As rações, sobras e os desperdícios foram pesados diariamente, e os animais pesados no início e final do período experimental, para cálculo do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar.

### **3.4 Procedimentos de abate**

Todos os manejos envolvendo os animais foram realizados de forma a garantir o bem estar dos animais no embarque, transporte, desembarque, alojamento nas baias do frigorífico, período de descanso, atordoamento e abate.

Ao final do período experimental, todos os animais foram submetidos a jejum alimentar por 12 horas, após o qual foram pesados e encaminhados para abate em Frigorífico Inspeccionado, localizado a uma distância de 50 km da granja, onde permaneceram por um período de 06 horas até o momento do abate.

As carcaças foram identificadas com lápis específico na própria linha de abate, para identificação posterior à retirada dos brincos. Após a evisceração e divisão longitudinal das carcaças, as meias-carcaças foram pesadas para a obtenção do peso da carcaça quente. Em seguida, foram resfriadas em câmaras frigoríficas por 24 horas a  $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

### **3.5 Avaliação das Características de Carcaça**

Foram obtidos os seguintes dados: peso da carcaça quente, rendimento de carcaça, espessura de toucinho, profundidade de músculo e rendimento de carne. Também foram realizadas medidas do comprimento da carcaça e área de olho de lombo. As análises de características de carcaça foram realizadas seguindo o que preconiza o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973).



O rendimento da carcaça quente foi obtido ao término imediato do abate e partir deste foi estimado o rendimento da carcaça, sendo calculado através da fórmula a seguir (BRIDI e SILVA, 2009).

Rendimento de carcaça (RC)

$$RC (\%) = \frac{\text{Peso da carcaça quente}}{\text{Peso vivo ao abate}} \times 100$$

A espessura de toucinho e a profundidade de músculo foram medidas na altura da última costela, na região da inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar a seis centímetros da linha média de corte da carcaça (ponto P2) (ABCS, 1973). Os valores foram obtidos com o auxílio de paquímetro. Para a correta avaliação da profundidade do músculo *Longissimus dorsi*, o paquímetro foi orientado a partir do ponto P2 perpendicularmente até o limite extremo oposto do músculo.

Com os valores obtidos das medidas mensuradas no ponto P2 (espessura de toucinho e profundidade do músculo) foi possível estimar o rendimento de carne na carcaça, segundo fórmula descrita por Irgang (1998).

Rendimento de carne na carcaça (RCC)

$$RCC (\%) = 60 - (\text{espessura de toucinho mm} \times 0,58) + (\text{profundidade do músculo mm} \times 0,10).$$

A medida da área do músculo *Longissimus dorsi* (ou área de olho de lombo) foi determinada por meio da captura da imagem da área de olho de lombo com o auxílio de câmera fotográfica digital (próximo ao músculo colocou-se uma régua e obteve-se a foto). A área foi calculada por correlação com a área da régua que é previamente conhecida. No entanto, para estabelecimento desta correlação utilizou-se o Software Bio7, medindo a área do lombo de acordo com as dimensões da régua e o valor da medida foi expresso em cm<sup>2</sup> (BRIDI e SILVA 2009).

### 3.6 Avaliação da qualidade de carne

Foi coletada uma amostra de 15 cm de espessura do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal, 24 horas após o abate, para análise das características qualitativas da carne. Após a retirada das amostras as mesmas foram identificadas e acondicionadas em caixa de material isotérmico com gelo para serem transportadas para o local de análise.

Com relação à qualidade da carne suína foram avaliadas as seguintes características: temperatura, pH, atividade de água, perda por gotejamento, perda de água no descongelamento e cocção, cor e maciez. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Carne da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), exceto as análises de atividade de água e maciez que foram realizadas na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

As medidas de pH e temperatura foram realizadas no músculo *Longissimos dorsi* das carcaças suínas, na altura da última costela, 45 minutos após abate e na carcaça resfriada, 24 horas após o abate.

A temperatura foi medida utilizando termômetro tipo espeto digital portátil com sonda de penetração específica para carne e o pH foi medido com auxílio de peagâmetro portátil, com eletrodo de inserção. Este foi lavado com água destilada e seco a cada medida. Após quatro medições, o eletrodo foi submetido à limpeza com solução de detergente neutro e água destilada e uma nova calibração foi realizada (RAMOS e GOMIDE, 2017).

Para determinar à atividade de água as amostras de carne suína foram moídas e inseridas em recipiente próprio do aparelho analisador de atividade de água, AquaLabLITE.

As amostras para análise de perda por gotejamento foram obtidas do centro da peça cárnea, sendo removido o excesso de tecido conectivo e a gordura subcutânea. Foram obtidas amostras de tamanho padronizado com peso de 50 gramas. Para evitar perdas durante o preparo, as amostras foram removidas, limpas com papel toalha e pesadas. Em seguida, as amostras individuais foram colocadas em redes plásticas, suspendendo-as em pote plástico, de modo a não estabelecer contato com o fundo do pote. O conjunto

foi armazenado sob refrigeração ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ) por um período de 48 horas. Posteriormente, as amostras foram secas e pesadas novamente de acordo com a metodologia proposta por Ramos e Gomide, 2017.

Os resultados foram expressos em percentual da perda de peso em relação ao peso inicial:

$$PPG = 100. \frac{(P_i - P_f)}{P_i}$$

Em que:

PPG = perda de peso por gotejamento (%);

$P_i$  = peso (g) inicial da amostra; e

$P_f$  = peso (g) final da amostra após o tempo de armazenamento refrigerado.

Para quantificação da perda de água no descongelamento as amostras, com 2,54 centímetros de espessura (mais ou menos 130 gramas), congeladas foram pesadas, embaladas em sacos de polietileno, identificadas e armazenadas em geladeira doméstica por 24 horas a  $4^{\circ}\text{C}$ , para descongelarem. Após 24 horas, as amostras foram retiradas da geladeira, enxugadas levemente com papel toalha e pesadas novamente de acordo com a metodologia proposta por Bridi e Silva, 2009.

Os resultados foram expressos em percentual da perda de peso em relação ao peso inicial:

$$PPD = 100. \frac{(P_i - P_f)}{P_i}$$

Em que:

PPD = perda de peso por descongelamento (%);

$P_i$  = peso (g) inicial da amostra; e

$P_f$  = peso (g) final da amostra após o descongelamento.

Para perda de líquido por cocção, as mesmas amostras usadas na perda de água por descongelamento foram assadas, sem adição de condimento, até atingir temperatura interna de  $71^{\circ}\text{C}$ , a qual foi verificada por meio de termômetro. Na sequência, as amostras foram retiradas da grelha e

resfriadas em temperatura ambiente por 15 minutos e pesadas novamente de acordo com a metodologia proposta por Ramos e Gomide, 2017.

Os resultados foram expressos em percentual da perda de peso em relação ao peso inicial:

$$PPC = 100. \frac{(P_i - P_f)}{P_i}$$

Em que:

PPC = perda de peso por cozimento (%);

P<sub>i</sub> = peso (g) do bife antes do cozimento; e

P<sub>f</sub> = peso (g) do bife após o cozimento.

As amostras provenientes da determinação da perda por cocção foram cortadas em cubos de 1,5 cm x 1,5 cm, orientados paralelamente à orientação das fibras musculares para análise da força de cisalhamento. Foram removidas seis subamostras de cada amostra, totalizando seis medidas por animal avaliado. As subamostras foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em V invertido acoplado ao aparelho de Warner-Bratzler, com angulação de 60°, espessura de 1,06 mm e velocidade de 200 mm/min de acordo com a metodologia proposta por Ramos e Gomide, 2017.

Para a análise de cor, as amostras foram descongeladas na geladeira e ficaram expostas ao ar por 30 minutos para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi avaliada por meio do aparelho portátil Colorímetro, baseado no sistema HUNTER LAB, da luminosidade (L), do índice de vermelho (a) e do índice de amarelo (b). Todos os valores obtidos foram usados para o cálculo do valor médio representativo da amostra.

### **3.7 Análise estatística**

Os dados foram analisados através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Posteriormente, os mesmos foram submetidos à análise de variância através do programa PROC GLH SAS (2002).

Em seguida foram submetidas a análise de regressão polinomial, onde se utilizou 5% de significância em todos os testes. O modelo estatístico utilizado foi  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$ ; onde  $Y_{ij}$  é o valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento  $i$  na repetição  $j$ ;  $\mu$  é a média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;  $\tau_i$  é o efeito do tratamento  $i$  no valor observado  $Y_{ij}$ ;  $e_{ij}$  é o erro associado à observação  $Y_{ij}$ .

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da temperatura, umidade e índice de temperatura e umidade durante o período experimental foram de  $31,4 \pm 2,8^\circ\text{C}$ ,  $69,1 \pm 18,0\%$  e  $82,8 \pm 2,4$ , respectivamente. A temperatura média registrada durante o período experimental está acima da faixa de temperatura ideal de 18 a  $23^\circ\text{C}$  para suínos na fase de terminação segundo Kiefer *et al.* (2010).

Os resultados do desempenho dos suínos suplementados com rações contendo níveis crescentes de creatina, na fase pré-abate, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 Desempenho de suínos na fase pré-abate suplementados com níveis crescentes de creatina na dieta

Parâmetro	Níveis de Creatina (g)					Valor P	DV
	0	15	30	45	60		
Peso Inicial (kg)	84,610	85,520	85,565	85,445	85,495	-	-
Peso Final (kg)	95,960	97,335	97,720	98,775	96,255	0,709	4,822
Consumo ração diário (g/dia) <sup>1</sup>	2.333	2.489	2.493	2.572	2.289	<0,01	0,198
Ganho de peso diário (g/dia) <sup>1</sup>	1.032	1.074	1.105	1.212	0.978	<0,01	0,141
Conversão alimentar (g/g)	2,260	2,347	2,289	2,133	2,354	0,193	0,230

<sup>1</sup>Efeito quadrático ( $P < 0,01$ ); DP – Desvio Padrão.

Obteve-se efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos níveis de creatina sobre o consumo de ração médio diário, que aumentou até o nível de 29,93g (Figura 1). Estes resultados sugerem que possivelmente o consumo de creatina pode ter reduzido o incremento calórico da dieta, favorecendo o consumo. Além disso, os animais apresentaram maior eficiência na transformação dos alimentos aumentando assim o consumo de ração e a síntese proteica.

O consumo de ração médio diário (2.435 g/dia) obtido nesse trabalho é inferior ao valor de 2.967 g/dia sugerido nas Tabelas Brasileiras para aves e suínos (2017) para suínos machos castrados com desempenho médio (70 – 100 kg). Possivelmente o ambiente ao qual os animais foram submetidos pode ter influenciado no consumo de ração, uma vez que a temperatura, umidade relativa e índice de temperatura e umidade no período experimental estiveram acima do considerado como termoneutro para a categoria, ou seja, os animais

passaram por um período de estresse pelo calor, o que pode justificar o reduzido consumo de ração dos animais (SILVA *et al.*, 2016).

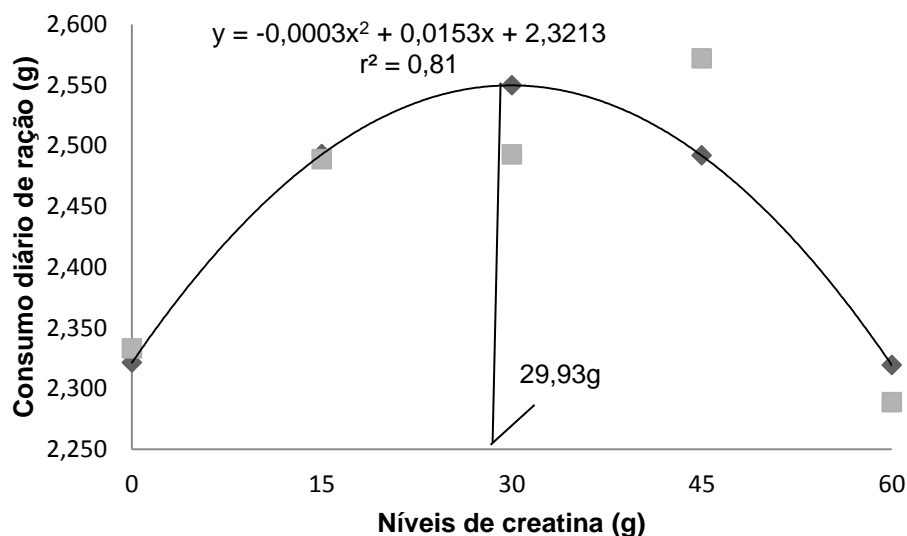


Figura 1 Efeito da suplementação de creatina sobre o consumo diário de ração em suínos na fase pré-abate.

Esses resultados diferem dos obtidos por James *et al.* (2002) e O'Quinn *et al.* (2000), que avaliando os efeitos da suplementação de creatina sobre o desempenho, característica de carcaça e qualidade de carne, não observaram efeito significativo dos níveis de creatina sobre o consumo médio diário de ração.

Os níveis de creatina influenciaram de forma quadrática ( $P < 0,01$ ) o ganho de peso médio diário dos animais, havendo aumento até o nível estimado de 30,67g (Figura 2). Quando o consumo de ração é maior, o ganho de peso tende a ser maior. Neste caso, se houve aumento do consumo de ração e aumento do ganho de peso, o ganho foi proporcional.

Neste estudo, a capacidade de retenção de água não apresentou aumento significativo com a suplementação de creatina, portanto, o ganho de peso supostamente não foi devido à retenção de água no músculo, o que está de acordo com Young *et al.* (2005). Provavelmente o aumento do ganho de peso observado neste trabalho, pode ter ocorrido em decorrência do maior consumo de ração, e em parte, devido à síntese proteica.

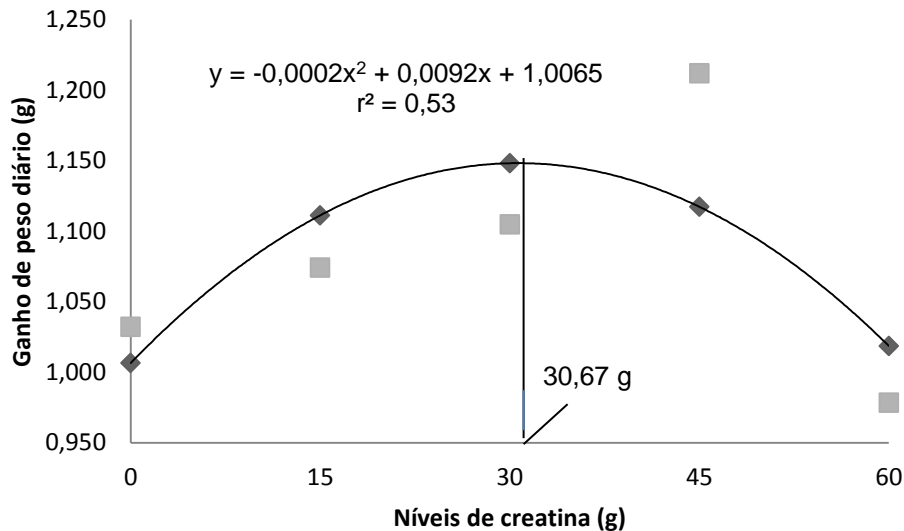


Figura 2 Efeito da suplementação de creatina sobre o ganho de peso diário em suínos na fase pré-abate.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho podemos inferir que a suplementação de creatina melhora a eficiência alimentar, visto que depositar músculo é menos oneroso que depositar gordura, o que pode justificar o maior ganho de peso e o maior percentual de carne.

O aumento no ganho de peso dos animais suplementados com creatina provavelmente deve-se ao estímulo deste aminoácido na taxa de síntese das duas principais proteínas contráteis, a actina e a miosina (INGWALL *et al.*, 1974), à hipertrofia muscular, devido a proliferação e diferenciação de células satélites promovidos pela creatina (VIERCK *et al.*, 2003) ou devido ao aumento da retenção de água no músculo.

De acordo com os resultados adquiridos neste estudo podemos observar que a capacidade de retenção de água foi igual entre todos os tratamentos, o que é positivo, pois a creatina não só possibilitou a melhorar do ganho de peso, como também favoreceu o bem estar, sem afetar negativamente a qualidade da carne.

Esses resultados corroboram com os obtidos por Young *et al.* (2005), que verificaram aumento significativo no ganho de peso dos suínos suplementados com 12,5; 25 e 50 g de creatina por dia, durante 5 dias em relação ao controle. De forma contrária aos resultados obtidos neste trabalho, alguns estudos não demonstram influência da suplementação de 20-25g/dia de creatina durante 5 a 15 dias sobre o ganho de peso dos animais (O'QUINN *et*



*al.*, 2000; BERG e ALLEE, 2001; JAMES *et al.*, 2002; MACHADO *et al.*, 2008), ou 0,55% de monohidrato de creatina por 30 dias (STAHL e BERG, 2003).

Neste estudo, os animais que consumiram dietas suplementadas com 15, 30 e 45 g/dia de creatina apresentaram aumento de 6,3; 6,4 e 9,3% no ganho de peso médio diário, respectivamente. Maddock *et al.* (2002) observaram que os animais suplementados com 25g/dia de creatina durante 5 dias que antecede ao abate ganharam 34% a mais de peso (6,69 kg vs 4,36 kg) quando comparado aos suínos do grupo controle. Por meio desses resultados pode-se inferir que a suplementação de creatina por um período de 5 dias é suficiente para promover resultados positivos no ganho de peso.

Maddock *et al.* (2002) atribuíram o aumento do peso corporal à retenção de água no tecido muscular assim como Young *et al.* (2005) e não ao acúmulo de proteínas, mas não examinaram por que isso poderia ocorrer. No entanto, seus resultados não mostraram um aumento significativo no conteúdo de umidade em decorrência da adição do monohidrato de creatina, indicando que o aumento do peso corporal provavelmente não foi devido à retenção de água pelo músculo, o que corrobora com os resultados encontrados neste trabalho.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da suplementação de creatina sobre o peso final e a conversão alimentar dos animais. Como houve aumento do consumo de ração e aumento do ganho de peso, o ganho foi proporcional, além disso, a suplementação de creatina melhora a eficiência alimentar, o que pode justificar a falta de efeito da suplementação de creatina sobre a conversão alimentar. Resultados similares foram encontrados por O'Quinn *et al.* (2000), que não observaram diferenças nestas variáveis em suínos suplementados com 25g/dia de creatina durante 10 dias antes do abate.

Os resultados de conversão alimentar obtidos nesse estudo corroboram com os encontrados por James *et al.* (2002), que não verificaram efeito significativo das diferentes estratégias de suplementação de creatina: carga inicial (25g/dia por 5 dias seguido de 3g/dia durante 25 dias), manutenção (3g/dia durante 30 dias) e carga final (25g/dia durante 5 dias antes do abate), na conversão alimentar de suínos em terminação.

Machado *et al.* (2008), ao avaliarem a suplementação de creatina (25g/dia) e a sua associação com o magnésio (3,2g/dia), por um período de 5

dias, também não observaram influência da suplementação sobre a conversão alimentar de suínos em terminação.

Os resultados das características de carcaça dos suínos suplementados com níveis crescentes de creatina na fase pré-abate encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 Características de carcaça de suínos na fase pré-abate suplementados com níveis crescentes de creatina na dieta

Parâmetro	Níveis de Creatina (g)					Valor P	DP
	0	15	30	45	60		
Espessura de toucinho (mm) <sup>1</sup>	22,189	22,451	20,456	22,870	24,564	<0,01	2,272
Profundidade de músculo (mm) <sup>1</sup>	57,682	65,269	62,688	58,608	58,521	<0,01	4,757
Rendimento de carne (%) <sup>1</sup>	52,899	53,506	54,405	52,596	51,605	<0,01	1,465
Rendimento de carcaça (%)	79,610	79,849	80,672	80,065	80,590	0,986	4,766
Comprimento (cm)	92,100	92,700	93,600	93,900	92,900	0,206	1,873
Área de olho de lombo (cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>	61,052	62,832	62,967	66,340	64,132	0,030	3,859

<sup>1</sup>Efeito quadrático (P<0,01); <sup>2</sup>Efeito quadrático (P<0,05); DP – Desvio Padrão.

Constatou-se efeito quadrático (P<0,01) da suplementação de creatina sobre a espessura de toucinho, que reduziu até o nível estimado de 22,54g correspondente a uma diminuição de 5,5% em relação ao controle (Figura 3). Tendo em vista que houve aumento do percentual de carne e a creatina é direcionada para deposição muscular, é natural, que em proporção à carcaça a espessura de toucinho tenha diminuído.

A espessura de toucinho reduziu com a suplementação de creatina levando a ganhos significativos no percentual de carne da carcaça, atendendo assim as exigências do consumidor que buscam uma carne com maior quantidade de tecido muscular em detrimento à gordura.

De maneira semelhante, Berg *et al.* (2011), trabalhando com suínos em terminação, verificaram que a combinação de creatina (0,92%) com carboidrato de alto índice glicêmico (2,75%) ou a associação desses com um mínimo de 16% de proteína bruta, por um período de 28 dias, promovem diminuição na espessura de toucinho.

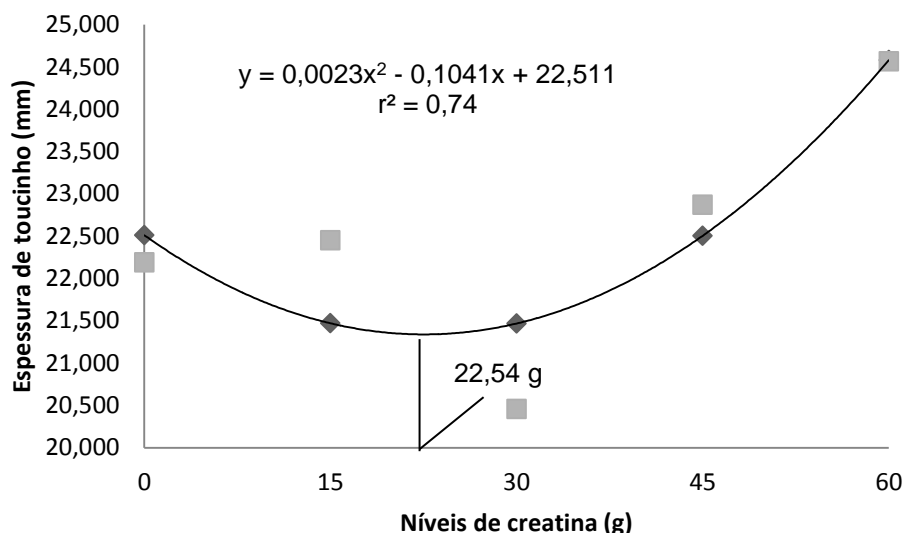


Figura 3 Efeito da suplementação de creatina sobre a espessura de toucinho em suínos na fase pré-abate.

Esses resultados diferem dos obtidos por James *et al.* (2002), que trabalhando com suínos em terminação com diferentes estratégias de suplementação de creatina, não verificaram efeito dos níveis de creatina sobre a espessura de toucinho.

Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) dos níveis de creatina sobre a profundidade de músculo, que aumentou até o nível estimado de 27,02g de creatina (Figura 4). Portanto, podemos concluir que a profundidade de músculo se relaciona negativamente com a deposição de gordura e sinergicamente com a área de olho de lombo, sendo que os suínos com menor espessura de toucinho apresentaram maior profundidade de músculo (BOROSKY *et al.*, 2011). Desta forma, a suplementação de creatina proporcionou o que a indústria suinícola tem buscado constantemente, maior rendimento de carne e menor deposição de gordura.

Os níveis crescentes de creatina influenciaram ( $P < 0,01$ ) o rendimento de carne, que aumentou de forma quadrática, até o nível estimado de 23,78g de creatina (Figura 5). O rendimento de carne é obtido a partir da espessura de toucinho e da profundidade de músculo, pois estas medidas estão altamente correlacionadas ao total de músculo da carcaça. Dessa forma, era esperado melhora nessa variável uma vez que foi observado aumento do ganho de peso e diminuição na espessura de toucinho com a suplementação de creatina. Além disso, a suplementação de creatina possivelmente estimulou à síntese

proteica, o que levou ao aumento no ganho de peso e na profundidade de músculo, refletindo no aumento da área de olho de lombo.

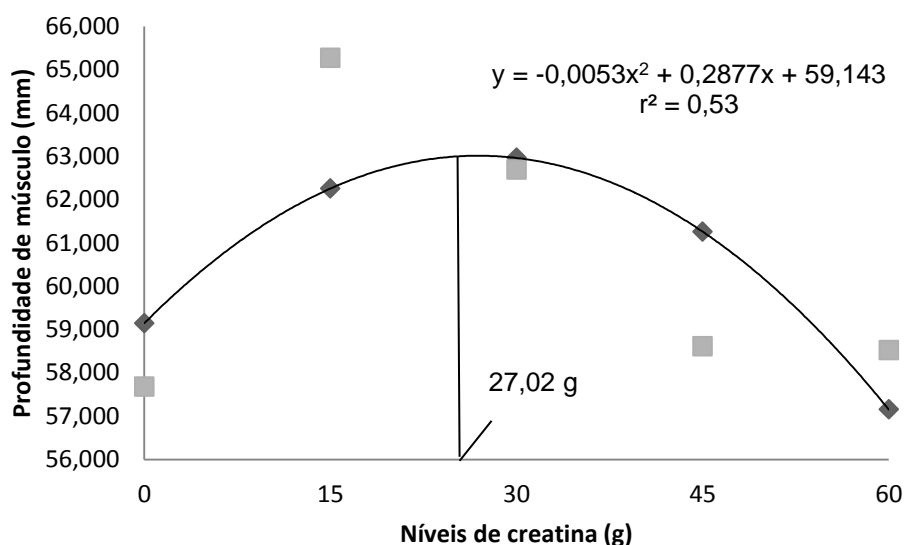


Figura 4 Efeito da suplementação de creatina sobre a profundidade de músculo em suínos na fase pré-abate.

Esse resultado está consistente com o obtido por Berg *et al.* (2011), que trabalhando com suínos em terminação, suplementados com a combinação de creatina (0,92%) com carboidrato de alto índice glicêmico (2,75%) ou a associação desses com mínimo de 16% de proteína bruta, por período de 28 dias, verificaram efeito dos tratamentos no rendimento de carne dos animais.

Por outro lado, os resultados de rendimento de carne obtidos neste estudo diferem dos encontrados por Stahl e Berg (2003), que não observaram efeito significativo da suplementação de creatina (0,55%) e creatina + dextrose (2,1%), por um período de 30 dias, sobre o rendimento de carne de suínos. Da mesma forma O'Quinn *et al.* (2000), não verificaram efeito da suplementação de creatina (25 g/dia), por um período de 10 dias, sobre o rendimento de carne de suínos em terminação.

O rendimento de carcaça não foi influenciado ( $P=0,986$ ) pelos níveis de creatina das dietas, o que pode ter ocorrido devido ao curto período de suplementação, insuficiente para que o rendimento de carcaça fosse alterado. Resultados semelhantes foram obtidos por Machado *et al.* (2008), que ao

avaliarem a suplementação de creatina não observaram influência da mesma sobre o rendimento de carcaça de suínos na fase de terminação.

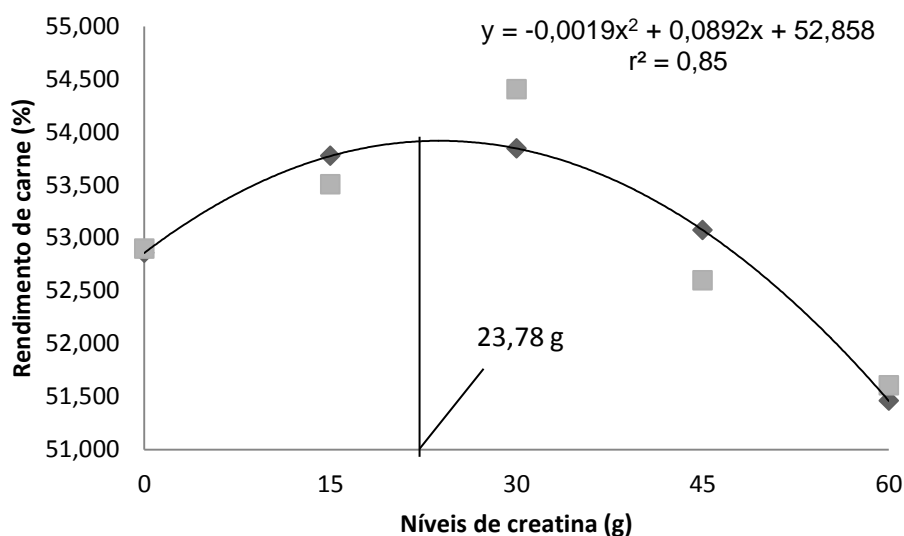


Figura 5 Efeito da suplementação de creatina sobre o rendimento de carne em suínos na fase pré-abate.

Neste estudo verificou-se efeito quadrático ( $P=0,03$ ) dos níveis de creatina sobre a área de olho de lombo, que aumentou até o nível estimado de 51,43 g (Figura 6). Uma possível explicação para o aumento na área de olho de lombo observada neste estudo pode estar relacionada ao estímulo da síntese proteica promovido por este aminoácido, associado a isto, a maior área de olho de lombo estar em conformidade com o aumento da profundidade de músculo, o que resulta no rendimento dos cortes de alto valor comercial.

Resultados similares foram observados por Berg *et al.* (2011) e Stahl e Berg (2003) ao suplementar 0,55% e 0,92% de creatina para suínos em terminação por um período de 28 dias e 30 dias, respectivamente.

Os resultados obtidos neste trabalho contrastam com vários outros estudos, nos quais nenhuma diferença significativa foi observada para área de olho de lombo de suínos em terminação, suplementados com 20-25 g/dia de creatina durante 5 a 15 dias (O'QUINN *et al.*, 2000; BERG e ALLEE, 2001; STAHL *et al.*, 2001; MADDOCK *et al.*, 2002; BERG *et al.*, 2003), ou 0,8% de creatina por 14 dias (LI *et al.*, 2015). Provavelmente, as discrepâncias nos resultados observados na literatura podem estar relacionadas às diferenças na duração dos ensaios e nas dosagens utilizadas.

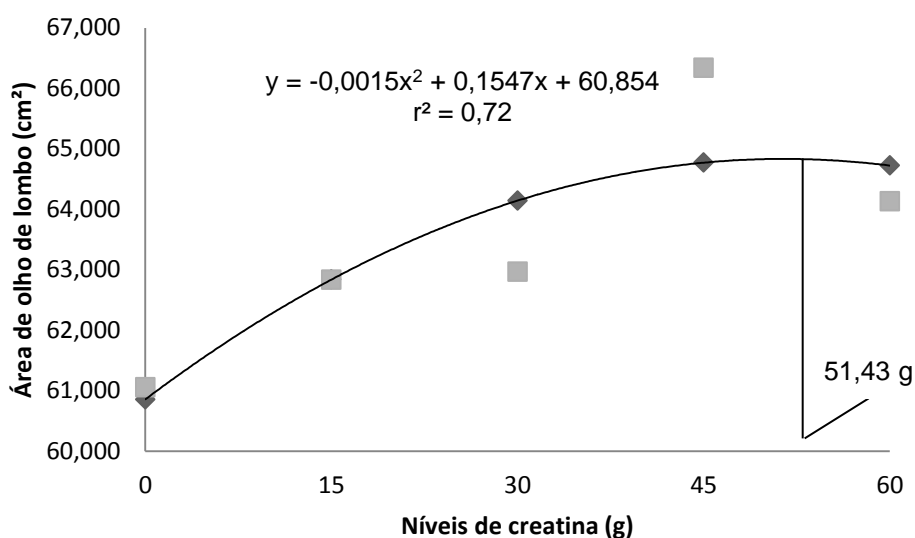


Figura 6 Efeito da suplementação de creatina sobre a área de olho de lombo em suínos na fase pré-abate.

De acordo com os resultados encontrados na literatura, pode-se observar que a suplementação de creatina apresenta pouca influência sobre as características de carcaça, entretanto, neste estudo, os níveis e período de suplementação utilizados foram suficientes para proporcionar melhorias na espessura de toucinho, profundidade de músculo, rendimento de carne e área de olho de lombo.

Os resultados de qualidade da carne de suínos suplementados com níveis crescentes de creatina na fase pré-abate encontram-se na Tabela 5.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de creatina sobre a qualidade da carne de suínos, o que está de acordo com outros estudos (O'QUINN *et al.*, 2000; STHAL *et al.*, 2001; MADDOCK *et al.*, 2002), os quais também não observaram diferenças significativas na qualidade da carne de suínos suplementados com 20-25g/dia de creatina por um período de 5 a 15 dias.

Uma das causas potenciais da condição PSE na carne suína é o declínio rápido do pH *post mortem* devido ao acúmulo de ácido lático a partir da glicólise anaeróbica. Se a taxa de declínio do pH fosse tamponada, devido a maior disponibilidade de ATP disponível advindo de outras fontes (creatina fosfato) além da glicólise, o desenvolvimento de carne PSE ocorreria com menos frequência. Embora os tratamentos contendo creatina tenham sido

numericamente superiores ao controle, os mesmos não apresentaram efeito significativo sobre o pH aos 45 minutos.

Tabela 5 Qualidade da carne de suínos na fase pré-abate suplementados com níveis de creatina na dieta.

Parâmetro	Níveis de Creatina (g)					Valor P	DP
	0	15	30	45	60		
pH 45 min	6,074	6,072	6,213	6,228	6,222	0,117	0,191
pH 24 h	5,699	5,697	5,656	5,752	5,698	0,086	0,076
Temperatura 45 min (°C)	26,114	25,524	26,322	25,407	25,963	0,090	0,879
Temperatura 24 h (°C)	8,700	9,102	9,000	9,179	8,878	0,302	0,540
Atividade de água ( $a_w$ )	0,987	0,987	0,986	0,987	0,989	0,094	0,002
L*	52,328	52,099	51,367	50,653	51,427	0,627	2,555
a*	5,000	5,254	4,540	5,242	4,656	0,229	0,878
b*	14,742	15,276	14,858	14,813	14,974	0,844	1,097
Perda no gotejamento (%)	4,024	4,653	4,171	4,060	4,251	0,066	0,545
Perda no descongelamento (%)	11,361	10,837	10,767	10,742	11,687	0,688	1,749
Perda na cocção (%)	30,020	31,546	29,108	31,345	30,122	0,088	2,285
Força de Cisalhamento (N)	9,678	9,546	9,236	9,822	9,318	0,796	1,169

DP – Desvio Padrão; L\* - Luminosidade; a\* - Teor de vermelho; b\* - Teor de amarelo.

O manejo pré-abate envolve diferentes fatores estressantes para os suínos, os quais são importantes influenciadores dos aspectos qualitativos da carne, pois pode ocasionar queda acentuada do pH *post mortem* e maior probabilidade de produção de carne PSE (MAGANHINI et al., 2007).

Segundo Janicki e Buzala (2013) a suplementação de creatina antes do abate pode retardar o declínio do pH *post mortem*, fornecendo uma fonte de energia imediata, retardando assim o metabolismo do glicogênio, no entanto isso não foi observado no presente estudo. Uma possível explicação para esse resultado pode estar relacionada ao manejo pré-abate dos animais, o qual foi realizado em conformidade com as normas de bem estar animal.

Como o aumento na quantidade de carne foi proporcional ao ganho de peso, a síntese proteica ocorreu de forma normal, assim como o manejo foi feito de forma a causar o mínimo de estresse no período pré-abate, por estas características, a qualidade da carcaça foi mantida. Justificando assim, carne de qualidade em todos os tratamentos.

Corroborando com o presente estudo, Berg e Allee (2001), Sthal et al. (2001), Stahl e Berg (2003) e Rosenvold et al. (2007) não encontraram

diferença significativa para o pH do *Longissimus dorsi* de suínos suplementados com creatina. No entanto, Li *et al.* (2015), observaram que animais suplementados com 0,8% de creatina por 14 dias, aumentaram o pH aos 45 minutos *post mortem*, o que diferem dos resultados obtidos no presente trabalho.

A suplementação de creatina geralmente aumenta os níveis de creatina e fosfocreatina no músculo (SCHOCH *et al.* 2006), e esses níveis mais altos de fosfocreatina resultam em um atraso na conversão metabólica de glicose em ácido láctico no músculo *post mortem*, no entanto esse aumento pode não ter sido suficiente ou não houve estímulo, devido às boas condições de transporte e de manejo até o abate dos animais.

Não houve efeito ( $P=0,086$ ) dos níveis de creatina sobre os valores das temperaturas medidas aos 45 minutos e 24 horas após o abate. No entanto, embora os animais que consumiram creatina apresentaram menor espessura de toucinho, a camada protetora foi mantida, garantindo a qualidade das carcaças. Estes dados estão de acordo com os obtidos por James *et al.* (2002) e Maddock *et al.* (2002), os quais também não constataram efeito dos níveis de creatina sobre a temperatura do músculo *Longissimus dorsi*.

A atividade de água do lombo suíno não foi influenciada ( $P=0,094$ ) pela suplementação de creatina nas dietas. A atividade de água representa a quantidade de água livre na carne, que pode estar relacionada com a capacidade de retenção de água. Neste sentido, possivelmente esse parâmetro não foi alterado, uma vez que a capacidade de retenção não foi influenciada pela suplementação de creatina.

A adição de creatina nas dietas não influenciou ( $P>0,05$ ) a coloração por meio dos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . A cor da carne geralmente está relacionada ao pH do músculo ou ao seu conteúdo de mioglobina.

Esses fenômenos podem ser atribuídos à influência do pH e da temperatura na oxidação das espécies reduzidas de mioglobina, desoximioglobina e oximioglobina e a desnaturação de proteínas (LINDAHL *et al.*, 2006), que influenciam na estabilidade de cor e propriedades de dispersão de luz. Uma vez que o pH e a temperatura não foram influenciados pela suplementação de creatina, era esperado que a coloração da carne não fosse alterada. No entanto, os valores de  $L^*$  estão acima do considerado normal, que



seria entre 43 e 50, portanto o armazenamento das amostras pode ter influenciado a cor.

Resultados semelhantes foram encontrados por Li *et al.* (2015), que não observaram efeito significativo da suplementação de creatina sobre a cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) da carne de suínos. No entanto, Sthal *et al.* (2001), observaram que a creatina na dieta de suínos aumentou os valores de  $L^*$  no Longissimus Dorsi, o que diferem do presente estudo.

Os níveis de creatina não influenciaram ( $P>0,05$ ) a perda de água no gotejamento, descongelamento e cocção. Dessa forma, a capacidade de retenção de água não foi alterada tratamentos, o que é positivo, pois demonstra que a creatina manteve a qualidade da carne.

Além disso, todos os tratamentos estavam dentro do parâmetro aceitável, o que é extremamente importante para indústria, pois quanto maior a capacidade de retenção de água, menor será a perda (gotejamento e evaporação) durante o armazenamento, transporte e comercialização, portanto a suplementação de creatina manteve a qualidade da carne, o que pode refletir em maior rentabilidade.

A capacidade de retenção de água está relacionada à temperatura e ao pH do músculo, portanto, não era esperado que diferenças na perda por gotejamento, descongelamento e cocção fossem detectadas, tendo em vista que o transporte e o manejo pré-abate foram realizados de forma a causar o mínimo estresse aos animais.

Resultados semelhantes foram encontrados por O'Quinn *et al.* (2002), Sthal *et al.* (2001), James *et al.* (2002), Maddock *et al.* (2002), Berg *et al.*, (2003) e Rosenvold *et al.* (2007), que ao avaliarem a suplementação de creatina não observaram diferenças significativas na perda de água no gotejamento, descongelamento e cocção. Entretanto Young *et al.* (2005) e Li *et al.* (2015) verificaram efeito significativo da suplementação de creatina sobre a capacidade de retenção de água.

Os níveis de creatina não influenciaram ( $P=0,796$ ) a força de cisalhamento da carne. Esta variável está relacionada com a capacidade de retenção de água, uma vez que a capacidade de retenção de água adequada proporciona maior suculência à carne, o que vai contribuir com a maciez. Dessa forma, a suplementação de creatina manteve a capacidade de retenção

de água dentro dos parâmetros aceitáveis, o que promoveu a manutenção da maciez da carne.

Esses resultados estão consistentes com os obtidos Stahl *et al.* (2001) e Berg *et al.* (2011), que não verificaram influência da suplementação de creatina sobre a força de cisalhamento da carne de suínos suplementados com creatina durante 5, 10, 15 e 28 dias, respectivamente.

Os resultados da literatura se mostram incoerentes quanto aos efeitos da suplementação de creatina sobre a deposição de tecido muscular e de gordura, características de carcaça e nos parâmetros relacionados à qualidade da carne. Essa incoerência pode ser em decorrência dos níveis e período de suplementação fatores que influenciam a resposta da creatina, como idade, genética e estresse sofrido pelos animais, os quais devem ser melhor avaliados.

## 5. CONCLUSÃO

A suplementação de 30,67 g/dia de creatina melhora o desempenho e o rendimento de carne na carcaça e mantém a qualidade da carne em suínos na fase pré-abate.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPLE, J.K., KEGLEY, E.B., GOLLOWAY, D.L., WISTUBA, T.J., RAKES, L.K. 2005. Duration of restraint and isolation stress as a model to study the dark-cutting condition in cattle. *Journal of Animal Science* 83:1202-1214.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS - **ABCS**. 1973. Método brasileiro de classificação de carcaça. Rio Grande do Sul: ABCS. (Publicação Técnica, 2).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - **ABPA**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br>>. Acesso em 15/04/2018.
- BEMBEN, M.G.; TUTTLE, T.D.; BEMBEN, D.A.; KNEHANS, A.W. 2001. Effects of creatine supplementation on isometric force-time curve character. ***Medicine and Science in Sports and Exercise*** 33:1876-1881.
- BERG, E.P.; ALLEE, G.L. 2001. Creatine monohydrate supplemented in swine finishing diets and fresh pork quality: I. A controlled laboratory experiment. ***Journal of Animal Science*** 79:3075-3080.
- BERG, E.P.; MADDOCK, K.R.; LINVILLE, M.L. 2003. Creatine monohydrate supplemented in swine finishing diets and fresh pork quality: III. Evaluating the cumulative effect of creatine monohydrate and alpha-lipoic acid. ***Journal of Animal Science*** 81:2469-2474.
- BERG, E.P.; STAHL, C.A.; SHANNON, M.S.; MCNAMARA-PERRY, D.L.; SCHMIDT, T.B.; WIEGAND, B.R. 2011. The influence of dietary protein on market barrows and gilts supplemented creatine monohydrate in conjunction with a high glycemic carbohydrate. ***Meat Science*** 88:429-433.
- BERG, M.J.; TYMOCZKO, L.J.; STRYER, L. 2014. **Bioquímica**, 7 edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Brasil.
- BOROSKY, J.C.; ROCHA, M.A.; SILVA, C.A.; BRIDI, A. M.; MONTEIRO, R.A. 2011. Fibra muscular, desempenho e a qualidade da carcaça de quatro grupos genéticos de suínos. ***Ciência Animal Brasileira*** 12:427-434.
- BRAISSANT, O.; HENRY, H.; LOUP, M.; EILERS, B.; BACHMANN, C. 2001. Endogenous synthesis and transport of creatine in the rat brain: An in situ hybridization study. ***Molecular Brain Research*** 86:193-201.
- BRIDI, A.M.; da SILVA, C.A. 2009. **Avaliação da Carne Suína**. Midiograf, Londrina, Paraná, Brasil.
- BROSNAN, J.T.; WIJEKOON, E.P.; WARFORD-WOOLGAR, L.; TROTTIER, N.L; BROSNAN, M.E.; BRUNTON, J.A.; BERTOLO, R.F. 2009. Creatine synthesis is a major metabolic process in neonatal piglets and has important implications for amino acid metabolism and methyl balance. ***Journal of Nutrition*** 139:1292-1297.
- BUFFINGTON, C. S.; COLLIER, R.J.; CANTON, R. H. 1983. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. ***Transaction of the ASAE*** 26:1798-1802.
- DABÉS, A.C. 2001. Propriedades da carne fresca. ***Revista Nacional da Carne*** 1:32-40.
- DALLA COSTA, O.A., LUDKE, J.V., COSTA, M.J.R.P., FAUCITANO, L., PELOSO, J.V., DALLA ROZA, D. 2010. Efeito das condições pré-abate sobre a qualidade da carne de suínos pesados. *Archivos de Zootecnia* 59:391-402.
- DELDICQUE, L.; ATHERTON, P.; PATEL, R.; THEISEN, D.; NIELENS, H.; RENNIE, M. J.; FRANCAUX, M. 2008. Effects of resistance exercise with and without creatine supplementation on gene expression and cell signaling in human skeletal muscle. ***Journal of Applied Physiology*** 104:371-378.
- FERREIRA, J.L., CAVALCANTE, T.V., MARINHO, J.P., LOPES, F.B., MINHARRO, S. 2010. Influência do manejo pré-abate na produção de carne bovina no município de Araguaína, Tocantins. *Revista Científica Eletrônica Medicina Veterinária* 15:1679-7353.

- FERREIRA, L.G. 2014. Role of the phosphocreatine system on energetic homeostasis in skeletal and cardiac muscles. **Einstein** 12:126-131.
- FONTANA, K.E.; CASAL, H.M.V.; BALDISSERA, V. 2003. Creatina como suplemento ergogênico. **Revista Digital** 9:1-7.
- GOBESSO, A.A.O.; BRUNETTO, M.A.; RODRIGUES, P.H.M.; ALBUQUERQUE, R. 2015. **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal**. Editora 5D, Pirassununga, São Paulo, Brasil.
- GOMIDE, L.A.M.; RAMOS, E.M.; FONTES, P.R. 2013. **Ciência e qualidade da carne: Fundamentos**. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- HESPEL, P.; DERAIVE, W. 2007. Ergogenic effects of creatine in sports and rehabilitation. **Subcellular Biochemistry** 46:245-259.
- HUFF-LONERGAN, E.; PARRISH, F.C.; ROBSON, R.M. 1995. Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. **Journal of Animal Science** 73:1064-1073.
- HUNTERLAB. 1996. CIE L\*a\*b\* color scale. **Appllication Note** 8:1-4.
- INGWALL, J.S.; WEINER, C.D.; MORALES, M.F.; DAVIS, E.; STOCKDALE, F.E. 1974. Specificity of creatine in the control of muscle protein synthesis. **Journal of Cell Biology** 63:145-151.
- IPSIROGLU, O.S.; STROMBERGER, C.; ILAS, J.; HÖGER, H.; MÜHL, A.; STÖCKLER-IPSIROGLU, S. 2001. Changes of tissue creatine concentrations upon oral supplementation of creatine monohydrate in various animal species. **Life Science** 69:1805–1815.
- IRGANG, R., GUIDONI, A.L., BERLITZ, D. et al. 1998. Medidas de espessura de toucinho e de profundidade de músculo para estimar rendimento de carne magra em carcaças de suínos, **Revista Brasileira Zootecnia** 27:928-935.
- JAMES, B.W.; GOODBAND, R.D.; UNRUH, J.A.; TOKACH, M.D.; NELSSSEN, J.L.; DRITZ, S.S.; OQUINN, P.R.; ANDREWS, B.S. 2002. Effect of creatine monohydrate on finishing pig growth performance, carcass characteristics and meat quality. **Animal Feed Science and Technology** 96:135-145.
- JANICKI, B.; BUZALA, M. 2013. The role of creatine in the organism of pigs and its effect on the quality of pork: a review. **Journal Animal Science** 13:207-215.
- KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, E. A.; SANTOS, A.P.; SILVA, C.M.; LUZ, M.F.; NANTES, C.L. 2010. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 11:496-504.
- KREIDER, R.B. 1998. Creatine supplement: analysis of ergogenic value, medical safety and concerns. **Journal of exercise physiology** 1: 27-39.
- KUTZ, M.R.; GUNTER, M.J. 2003. Creatine monohydrate supplementation on body weight and percent body fat. **Journal of Strength and Conditioning Research** 17:817–821.
- LAHUCKY, R.; BUCKO, O.; HASCÍK, P.; LIPTAJ, P. 2012. Effects of creatine and vitamin e on muscle energetic metabolism, antioxidant stability and meat quality of pigs. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana e Brunensis** 60:151-160.
- LATORRE, M.A.; LÁZARO, R.; GRACIA, M.I.; NIETO, M.; MATEOS, G.G. 2003. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. **Meat Science** 65:1369-1377.
- LAWRIE, R. A. 2005. **Ciência de la carne**. Zaragoza: Acribia, Espanha.
- LI, J.L.; GUO, Y.J.; ZHANG, L.; GAO, F.; ZHOU, G.H. 2015. Effect of creatine monohydrate supplementation on carcass traits, meat quality and postmortem energy metabolism of finishing pigs. **Animal Production Science** 56:48-54.
- LINDAHL, G.; YOUNG, J.F.; OKSBJERG, N.; ANDERSEN, H.J. 2006. Influence of dietary creatine monohydrate and carcass cooling rate on colour characteristics of pork loin from different pure breeds. **Meat Science** 72:624-634.

- LUDTKE, C.B.; DALLA COSTA, O.A.; ROÇA, R.O.; SILVEIRA, E.T.F.; ATHAYDEL, N.B.; ARAÚJO, P.A.; JÚNIOR, A.M.; AZAMBUJA, N.C. 2012. Bem-estar animal no manejo pré-abate e a influência na qualidade da carne suína e nos parâmetros fisiológicos do estresse. **Ciência Rural** 42:532-537.
- MACHADO, O.D.; FONTES, D.O.; FERREIRA, J.M.; CORRÊA, G.S.S.; NELSON, D.L.; GLÓRIA, M.B.A.; 2008. Desempenho e qualidade da carne de suínos suplementados com magnésio e creatina no período pré-abate. **Brazilian Journal of Food Technology** 11:211-220.
- MADDOCK, R.J.; BIDNER, B.S.; CARR, S.N.; MCKEITH, F.K.; BERG, E.P. SAVELL, J.W. 2002. Creatine monohydrate supplementation and the quality of fresh pork in normal and halothane carrier pigs. **Journal Animal Science** 80:997-1004.
- MAGANHINI, M.B.; MARIANO, B.; SOARES, A.L.; GUARNIERI, P.D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E.I. 2007. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 27:69-72.
- MAUGHAN, R.J.; BURKE, L.M. 2004. **Nutrição Esportiva**. Artmed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- MICHIELS, J.; MAERTENS, L.; BUYSE, J.; LEMME, A.; RADEMACHER, M.; DIERICK, N. A.; DE SMET, S. 2011. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effectson performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. **Poultry Science** 91:402-412.
- MILLER, K.C.; KNIGHT, K.L. 2009. Electrical stimulation cramp threshold frequency correlates well with the occurrence the skeletal muscle cramps, muscle e nerve. **Muscle Nerve** 39:364-368.
- MOORE, N.P. 2000. The distribution, metabolism and function of creatine in the male mammalian reproductive tract: A review. **International Journal of Andrology** 23:4-12.
- MOURA, J.W.F.; MEDEIROS, F.M.; ALVES, M.G.M.; BATISTA, M.S.A. 2015. Fatores influenciadores na qualidade da carne suína. **Revista Científica Produção Animal** 17:18-29.
- NELSON, DAVID L.; COX, MICHAEL M. 2011. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Artemed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- OQUINN, P.R.; ANDREWS, B.S.; GOODBAND, R.D.; UNRUH, J.A.; NELSSSEN, J.L.; WOODWORTH, J.C.; TOKACH, M.D.; OWEN, K.Q. 2000. Effects of modified tall oil and creatine monohydrate on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science** 78:2376-2382.
- ORDONEZ, J.A.; RODRIGUEZ, M.I.C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.G.; MINGUILLON, G.D.G.F.; PERALES, L.; CORTECERO, M.D.S. 2005. **Alimentos de origem animal**. Artmed. Porto Alegre. Rio Grande do Sul. Brasil.
- OSORIO, J.C.S.; OSORIO, M.T.M.; SANUDO, C. 2009. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38:292-300.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. 2007. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. 2017. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias**. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- ROSENVOLD, R.; BERTRAM, H.C.; YOUNG, J.F. 2007. Dietary creatine monohydrate has no effect on pork quality of Danish crossbred pigs. **Meat Science** 79:160-164.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; ABREU, M.L.T.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. 2017. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- ROYER, A.F.B.; EGUCHI, E.S.; JÚNIOR, R.G.C.; GARCIA, J.; PINHEIRO, M.S.M. 2010. Manejo pré abate visando o bem estar animal e qualidade da carne bovina. **PUBVET** 4:1-29.

- SCHÄFER, A.; ROSENVOLD, K.; PURSLOW, P.P.; ANDERSEN, H.J.; HENCKEL, P. 2002. Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. **Meat Science** 61:355-366.
- SCHOCH, R.S.; WILLOUGHBY, D.; GREENWOOD, M. 2006. The regulation and expression of the creatine transporter: A brief review of creatine supplementation in humans and animals. **Journal of the International Society of Sports Nutrition** 3:60-66.
- SILVA, C.A.; AGOSTINI, P.S.; CALLEGARI, M.A.; SANTOS, R.K.S.; NOVAIS, A.K.; PIEROZAN, C.R.; JUNIOR, M.P.; ALVES, J.B.; GASÓ, J.G. 2016. Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 51:1780-1788.
- STAHL, C.A.; BERG, E.P. 2003. Growth parameters and meat quality of finishing hogs supplemented with creatine monohydrate and a high glycemic carbohydrate for the last 30 days of production. **Meat Science** 64:169-174.
- STAHL, C.A.; CARLSON-SHANNON, M.S.; WIEGAND, B.R.; MEYER, D.L.; SCHMIDT, T.B.; BERG, E.P. 2007. The influence of creatine and high glycemic carbohydrate on the growth performance and meat quality of market hogs fed ractopamine hydrochloride. **Meat Science** 75:143-149.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. 2002. **SAS user's guide**. Cary: SAS Institute.
- STHAL, C.A.; ALLEE, G.L.; BERG, E.P. 2001. Creatine monohydrate supplemented in swine finishing diets and fresh pork quality: II. Commercial applications. **Journal Animal Science** 79:3081-3086.
- TORRES-LEAL, F.L.; MARREIRO, D.N. 2008. Considerações sobre a participação da creatina no desempenho físico. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano** 10:294-300.
- VALLET, J.L.; MILES, J.R.; REMPEL, L.A. 2013. Effect of creatine supplementation during the last week of gestation on birth intervals, stillbirth, and preweaning mortality in pigs. **Journal Animal Science** 91:2122-2132.
- VIERCK, J. L.; ICENOGGLE, D.L.; BUCCI, L.; DODSON, M.V. 2003. The effects of ergogenic compounds on myogenic satellite cells. **Medicine and Science in Sports and Exercise** 35:769-776.
- WALLIMANN T., TOKARSKA-SCHLATTNER M., NEUMANN D.; EPAND, R.M.; EPAND, R.F.; ANDRES, R.H.; WIDMER, H.R.; HORNEMANN, T.; SAKS, V.; AGARKOVA, I.; SCHATTNER, U. 2007. **The phosphocreatine circuit: Molecular and cellular physiology of creatine kinases, sensitivity to free radicals and enhancement of creatine supplementation**. p. 195-264. In: SAKS, V.A. *Molecular Systems Bioenergetics: Energy for Life, Basic Principles, Organization and Dynamics of Cellular Energetics*, Wiley-VCH Verlag GmbH e Co. KGaA, Weinheim, Alemanha.
- WILLIAMS, M.H.; KREIDER, R.B.; BRANCH, J.D. 2000. **Creatina**. 1 edição, Barueri, São Paulo, Brasil.
- WYSS M.; KADDURAH-DAOUK, R. 2000. Creatine and creatinine metabolism. **Physiology Review** 80:1107-1213.
- YANG, N.; JIANG, R.S. 2005. Recent advances in breeding for quality chickens. **World's Journal Poultry Science** 61:373-381.
- YOUNG, J.F.; BERTRAM, H.C.; ROSENVOLD, K.; LINDAHL, G.; OKSBJERG, N. 2005. Dietary creatine monohydrate (CMH) affects quality attributes of Duroc but not Landrace pork. **Meat Science** 70:717-725.
- YOUNG, J.F.; BERTRAM, H.C.; THEIL, P.K.; PETERSEN, A.G.D.; POULSEN, K.A.; RASMUSSEN, M.; MALMENDAL, A.; NIELSEN, N.C.; VESTERGAARD, M.; OKSBJERG, N. 2007. In vitro and in vivo studies of creatine monohydrate supplementation to Duroc and Landrace pigs. **Meat Science** 76:342-351.

ZEOLA, N. M. B. L.; SOUZA, P. A.; SOUZA, H. B. A.; SILVA SOBRINHO, A. G.; BARBOSA, J.C. 2007. Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 59:1058-1066.



**APÊNDICES**

Apêndice A – Tabela de temperatura, umidade relativa e índice de temperatura e umidade.

Tabela 1 Valores médios de temperatura, umidade relativa e índice de temperatura e umidade

Dia	Temperatura (°C)	UR (%)	ITU
1º	32,3 ± 2,9	68 ± 16,6	84,1 ± 1,6
2º	30,8 ± 2,5	75 ± 12,4	83,1 ± 1,6
3º	30,4 ± 2,1	71 ± 24,0	81,8 ± 4,0
4º	31,7 ± 3,7	66 ± 22,2	82,5 ± 2,1
5º	31,8 ± 3,0	66 ± 17,3	82,7 ± 2,1
Geral (5 dias)	31,4 ± 2,8	69,1 ± 18,0	82,8 ± 2,4

UR – Umidade Relativa; ITU – Índice de Temperatura e Umidade.

Apêndice B – Tabelas da Análise de variância (ANOVA) das variáveis.

Tabela 2 Resumo da ANOVA para a variável consumo de ração (g/dia)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	0,56794	0,141986	0,0028
Resíduo	45	1,34698	0,029933	
Total	49	1,91493		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 3 Resumo da ANOVA para a variável ganho de peso (g/dia)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	0,30653	0,076633	0,0017
Resíduo	45	0,67337	0,014964	
Total	49	0,97990		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 4 Resumo da ANOVA para a variável conversão alimentar (g/g)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	0,31984	0,079959	0,1933
Resíduo	45	2,26302	0,050289	
Total	49	2,58286		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 5 Resumo da ANOVA para a variável espessura de toucinho (mm)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	86,759	21,6898	0,0006
Resíduo	45	166,195	3,6932	
Total	49	252,954		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 6 Resumo da ANOVA para a variável profundidade de músculo (mm)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	429,57	107,394	0,0001
Resíduo	45	679,27	15,095	
Total	49	1108,84		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 7 Resumo da ANOVA para a variável rendimento de carne (%)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	43,483	10,8707	0,0000
Resíduo	45	61,757	1,3724	
Total	49	105,240		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 8 Resumo da ANOVA para a variável rendimento de carcaça (%)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	8,55	2,1383	0,9860
Resíduo	45	1104,69	24,5486	
Total	49	1113,24		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 9 Resumo da ANOVA para a variável área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	151,82	37,955	0,0298
Resíduo	45	578,02	12,845	
Total	49	729,84		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 10 Resumo da ANOVA para a variável pH 45 min

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	0,26401	0,066002	0,11743
Resíduo	45	1,5173	0,033727	
Total	49	1,78174		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 11 Resumo da ANOVA para a variável pH 24 h

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	0,046532	0,0116330	0,0863
Resíduo	45	0,240060	0,0053347	
Total	49	0,286592		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 12 Resumo da ANOVA para a variável temperatura 45 min (°C)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	6,065	1,51624	0,09043
Resíduo	45	31,773	0,70607	
Total	49	37,838		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 13 Resumo da ANOVA para a variável temperatura 24 h (°C)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	1,4335	0,35838	0,3022
Resíduo	45	12,8654	0,28590	
Total	49	14,2989		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 14 Resumo da ANOVA para a variável atividade de água ( $a_w$ )

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	0,00003852	0,0000009	0,0936
Resíduo	45	0,00020420	0,0000004	
Total	49	0,00024272		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 15 Resumo da ANOVA para a variável L\* (Luminosidade)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	17,57	4,3921	0,6274
Resíduo	45	302,43	6,7207	
Total	49	320,00		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 16 Resumo ANOVA para a variável a\* (Índice de vermelho)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	4,340	1,08511	0,2295
Resíduo	45	33,394	0,74209	
Total	49	37,734		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 17 Resumo da ANOVA para a variável b\* (Índice de amarelo)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	1,758	0,43959	0,8448
Resíduo	45	57,038	1,26751	
Total	49	58,796		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 18 Resumo ANOVA para a variável perda de água no gotejamento (%)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	2,5395	0,63488	0,0654
Resíduo	45	11,9930	0,26651	
Total	49	14,5325		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 19 Resumo da ANOVA para a variável perda de água no descongelamento (%)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	7,187	1,7967	0,6883
Resíduo	45	142,771	3,1727	
Total	49	149,958		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 20 Resumo da ANOVA para a variável perda de água na cocção (%)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	41,309	10,3272	0,0881
Resíduo	45	214,532	4,7674	
Total	49	255,841		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P

Tabela 21 Resumo da ANOVA para a variável força de cisalhamento (N)

FV	GL	SM	MQ	P-valor
Tratamento	4	2,383	0,59576	0,7964
Resíduo	45	64,492	1,43316	
Total	49	66,875		

FV – Fonte de Variação; GL - Grau de liberdade; SM – Soma dos quadrados; MQ – Média dos quadrados; F – Valor P