

# INSENSIBILIZAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS VISANDO A QUALIDADE DA CARNE E BEM-ESTAR ANIMAL

Data de aceite: 01/12/2023

### **Vanessa Bonfim da Silva**

Universidade do Estado da Bahia  
Barreiras – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/2237788975954646>

### **Fanuel Alves da Silva Filho**

Universidade Federal do Oeste da Bahia  
Barra – Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/4231391254851705>

### **Isadora Oliveira Santiago dos Santos**

Universidade Federal do Oeste da Bahia  
Barra - Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/1765470278048054>

**RESUMO** - A carne de frango é a principal proteína animal consumida no mundo e um aspecto relevante para o consumidor na aceitabilidade da carne de frango é a promoção do bem-estar animal em todas as etapas da cadeia produtiva, da criação ao abate, sobretudo nos países europeus. A insensibilização é o processo que mais visa o bem-estar animal durante o abate humanitário, pois permite a inconsciência do animal para ausência de dor no momento da sangria. Desta forma, a presente revisão de literatura teve como objetivo discutir as técnicas de insensibilização de frangos de corte mais frequentemente utilizadas

em abatedouros, com ênfase no bem-estar animal e qualidade da carne. Para esta revisão, realizou-se uma consulta a dissertações e a artigos científicos selecionados através de busca no banco de dados do PubMed e Google Acadêmico. Como resultados, foi observado a partir dos relatos na literatura que os países europeus são os que mais exigem qualidade cárnea associada ao bem-estar animal, evidenciada pelo maior número de publicações referentes ao tema. Na realização do atordoamento elétrico, voltagens menores que 65 volts podem comprometer o bem-estar animal e a qualidade da carne, podendo atrasar o aparecimento do *Rigor mortis*. Quando avaliado na insensibilização em atmosfera controlada, o *Rigor mortis* apareceu mais rapidamente, apresentando o melhor resultado com a indução gradual da inconsciência e ainda observado desconforto das aves em concentrações de CO<sub>2</sub> menores que 40%. Ressalta-se que o Brasil tem uma legislação que visa resguardar o bem-estar dos animais, uma vez que não permite a ocorrência de morte na fase de atordoamento, sendo este fato importante sobretudo pelo país ser o principal exportador de carne de frango no mundo. A partir da análise das publicações

foi possível concluir que a insensibilização em atmosfera controlada é um método que resulta em menor estresse sobre os frangos em relação ao método elétrico e que o atordoamento gasoso facilita as operações de abate, proporcionando redução de riscos das operações e assegurando o bem-estar dos animais com a manutenção da qualidade da carne, diminuindo desta forma as perdas econômicas para a indústria de alimentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** abate humanitário; atmosfera controlada; carne de frango; eletronarcose; atordoamento.

## STUNNING OF BROILER CHICKENS IN THE FOOD INDUSTRY AIMING AT MEAT QUALITY AND ANIMAL WELFARE

**ABSTRACT** - Chicken meat is the main animal protein consumed in the world and a relevant aspect for the consumer in the acceptability of chicken meat is the promotion of animal welfare at all stages of the production chain, from creation to slaughter, especially in European countries. Stunning is the process that most aims to improve animal well-being during humane slaughter, as it allows the animal to become unconscious due to the absence of pain at the time of bleeding. Therefore, the present review aimed to discuss the broiler stunning techniques most frequently used in slaughterhouses, with an emphasis on animal welfare and meat quality. For this review, we consulted dissertations and scientific articles selected through a search in the PubMed and Google Scholar databases. As a result, it was observed from reports in the literature that European countries are those that most require meat quality associated with animal welfare, evidenced by the largest number of publications relating to the topic. When performing electrical stunning, voltages lower than 65 volts can compromise animal welfare and meat quality, potentially delaying the onset of *Rigor mortis*. When evaluated in controlled atmosphere stunning, *Rigor mortis* appeared more quickly, presenting the best result with the gradual induction of unconsciousness and bird discomfort was also observed in CO<sub>2</sub> concentrations lower than 40%. It should be noted that Brazil has legislation that aims to protect the well-being of animals, as it does not allow death to occur during the stunning phase, this fact being important above all because the country is the main exporter of chicken meat in the world. From the analysis of the publications, it was possible to conclude that stunning in a controlled atmosphere is a method that results in less stress on chickens compared to the electrical method and that gaseous stunning facilitates slaughter operations, providing a reduction in operational risks and ensuring animal welfare by maintaining meat quality, thus reducing economic losses for the food industry.

**KEYWORDS:** humane slaughter; controlled atmosphere; chicken meat; eletronarcosis; stunning.

## 1 | INTRODUÇÃO

A produção brasileira de carne de frango tem aumentado de forma contínua nos últimos anos. Em 2021, o Brasil foi o maior exportador e o segundo maior produtor de carne de frango e se mantém no topo do ranking de exportação no mercado mundial. O país participa do mercado mundial de forma bastante agressiva, exportando para mais de 150 países, além de obter aumento progressivo do mercado interno, o qual é o principal

responsável pelo consumo da produção brasileira, correspondendo a 67,83% do total de carne produzida no país (ABPA, 2022).

Um aspecto importante na aceitabilidade da carne de frango e de outros animais, principalmente nos países da União Europeia, é a promoção do bem-estar animal em todas as etapas da cadeia produtiva, da criação ao abate (BITENCOURT, 2011; HAYAT et al., 2023). Na produção de frangos de corte, observa-se que os processos referentes ao abate dos animais, desde a apanha até a sangria, são passíveis de julgamentos por parte dos consumidores que valorizam o bem-estar animal. As etapas de apanha, transporte e pendura são as etapas críticas na indústria frigorífica, sendo as principais responsáveis pela ocorrência de fraturas e hematomas nas carcaças, o que leva a condenação das mesmas na linha de produção e perdas econômicas para a indústria. No abate, a insensibilização é o processo que mais visa o bem-estar animal porque permite a inconsciência do animal para ausência de dor no momento da sangria e é um dos responsáveis pelos efeitos na qualidade da carne, como por exemplo, o fenômeno PSE (“pale, soft, exsudative”), o qual é motivo de rejeição da carne por parte dos consumidores, ocorrendo se a insensibilização não for realizada de forma adequada (ALVARADO; SAMS, 2000; BATTULA et al., 2008; TAKAHASHI et al., 2008; GRILLI et al., 2015).

Como a legislação brasileira prevê dentre as alternativas para insensibilização de aves, além do processo elétrico, a indução da inconsciência em atmosfera controlada (BRASIL, 2021; 2000), o presente trabalho teve como objetivo discutir as técnicas de insensibilização de frangos de corte mais frequentemente utilizadas em abatedouros, com ênfase no bem-estar animal e qualidade cárnea.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho constitui-se de uma revisão de literatura narrativa, na qual se realizou uma consulta a dissertações e a artigos científicos selecionados através de busca no banco de dados do PubMed e Google Acadêmico. A pesquisa dos artigos foi realizada entre dezembro de 2022 e novembro de 2023.

A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias - *stunning broilers, electrical stunning broilers, stunning low atmosphere broilers, stunning broilers and meat quality, stunning broilers and animal welfare, voltage variation electrodes of broiler stunning* – para o banco de dados do PubMed. Para o banco de dados do Google Acadêmico, utilizaram-se as terminologias - atordoamento de frangos de corte, insensibilização de frangos de corte, atordoamento elétrico em frangos de corte e bem-estar animal, atmosfera controlada no atordoamento de frangos de corte, atordoamento de frangos de corte e qualidade da carne, voltagem dos eletrodos de atordoamento de frangos de corte.

Os critérios de inclusão para os estudos encontrados foram a abordagem de técnicas de insensibilização relacionadas à qualidade da carne e ao bem-estar animal,

sejam em frangos de corte, perus ou em gansos. Foram excluídos artigos que relataram a utilização das técnicas de atordoamento para estudo somente de parâmetros fisiológicos e neurológicos das aves, sem avaliação da qualidade da carne.

Logo em seguida, buscou-se estudar e compreender os principais efeitos das técnicas de atordoamento na qualidade da carne e no bem-estar dos frangos de corte, avaliando-se as vantagens e desvantagens da técnica de atordoamento elétrico e atordoamento por atmosfera controlada.

### 3 | RESULTADOS DE BUSCA

Como resultados da pesquisa por periódicos nos sites de indexação PubMed e Google Acadêmico, foram encontrados artigos dos seguintes países ou bloco em ordem crescente de número de publicações: Brasil (5 artigos), China/ Malásia (6 artigos), EUA (7 artigos) e União Europeia e Reino Unido (19 artigos), este último com predominância da Holanda como país de maior número de publicações dentro da Europa.

Estes resultados refletem a importância dada por estes países ao bem-estar animal no processo de abate, confirmando os países europeus como os que mais exigem qualidade cárnea associada ao bem-estar animal. Contudo, estes resultados trazem também uma problemática em relação ao Brasil, pois este é o principal exportador para a União Europeia, sendo assim, o Brasil necessita atender às exigências do bloco europeu para continuar mantendo o mercado, uma vez que o consumidor exige qualidade da carne com bem-estar animal e este assunto é ainda pouco encontrado em periódicos indexados, correspondendo a apenas 13,51% dos artigos referenciados nesta revisão (**Figura 1**).

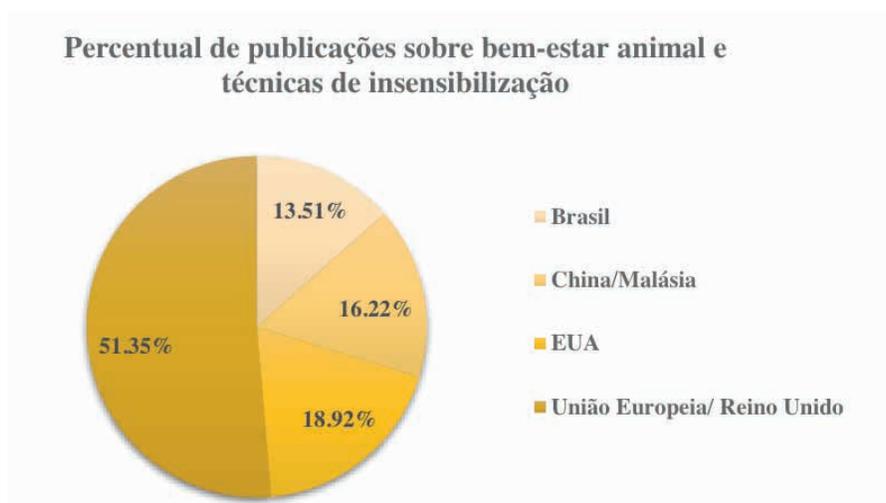


Figura 1. Percentual de publicações sobre bem-estar animal e técnicas de insensibilização conforme o país de autoria da publicação.

## 4 | QUALIDADE CÁRNEA DE FRANGOS DE CORTE

O manejo ineficaz momentos antes ao abate e o conseqüente estresse das aves pode comprometer a produtividade do processo industrial e a qualidade da carne. Segundo Hindle et al. (2010), as etapas de apanha na granja, transporte e pendura mal conduzidas, podem comprometer a qualidade da carcaça em 20%. Huallanco (2004) classificou as carcaças quanto à presença de defeitos e encontrou algum grau de contusão em 79,73% das carcaças analisadas, com alto percentual de hematomas na região da asa (59,80%), perna (36,21%), dorso (16,28%) e peito (26,25%). Isto demonstra perdas econômicas significativas em frigoríficos brasileiros, provocados por manejo inadequado.

Além disso, nas indústrias, há uma preocupação crescente com a ocorrência de carne PSE. Atualmente é reconhecido que esse problema chega a atingir 37% da carne de frangos (MOREIRA, 2005). Os mecanismos fundamentais desse fenômeno ainda não foram bem elucidados em frangos. A carne PSE apresenta as propriedades funcionais comprometidas pela rápida glicólise *post mortem*, que aumenta a acidez muscular enquanto a temperatura da carcaça ainda está alta, levando à desnaturação proteica. Quanto maior a desnaturação proteica, menos luz é transmitida através das fibras musculares, levando à palidez da carne (ALVARADO; SAMS, 2000; MIR et al., 2017). Além disso, a redução do pH diminui a capacidade de retenção de água da carne, por reduzir os grupos reativos disponíveis para ligar água às proteínas (SCHILLING et al., 2012), afetando também a textura da carne, pois quanto menor a quantidade de água no músculo, menor sua maciez (BATTULA et al., 2008) e a exposição à acidez e temperatura elevada desnaturam as enzimas calpaínas, reduzindo a proteólise e a maciez da carne (SCHILLING et al., 2012). Já foi demonstrado que o fenômeno é causado principalmente por estresse nos momentos que antecedem o abate (TAKAHASHI et al., 2008), sendo influenciado por diversos fatores ligados ao manejo pré-abate, incluindo o tipo de atordoamento (BATTULA et al., 2008).

O fenômeno PSE pode ser detectado pelas análises de pH, cor e capacidade de retenção de água da carne (SCHILLING et al., 2012). Tanto os fatores pré-abate quanto os tratamentos *post mortem* estão relacionados a mudanças nas características de qualidade da carne, mas essas mudanças afetam frequentemente a capacidade de retenção de água do músculo, afetando as proteínas que compõem o músculo. Assim, um valor de pH mais baixo pode causar degeneração da proteína miofibrilar e da proteína sarcoplasmática no músculo e a desnaturação proteica resultante pode levar ao estiramento da malha miofibrilar e das células musculares, afetando diretamente a retenção de água muscular. Portanto, a menor perda de músculo por cozimento das aves atordoadas pode estar associada a uma diminuição mais rápida do valor do pH nos estágios iniciais após o abate (BRAMBILA et al., 2018; HUGHES et al., 2014; LI et al., 2022).

## 5 | BEM-ESTAR ANIMAL E TÉCNICAS DE INSENSIBILIZAÇÃO

A procura pelo bem-estar animal tem crescido no Brasil e no mundo. Os consumidores dão preferência àqueles produtos que trazem a garantia de obtenção de forma que visa o bem-estar animal. Sendo assim, é uma condição fundamental que as indústrias se adaptem para garantir o bem-estar animal, pois o mercado está cada vez mais exigindo qualidade do produto e segurança alimentar associada ao bem-estar (SMALDONE et al., 2021; HAYAT et al., 2023).

O Comitê da WSPA – Sociedade Mundial de Proteção Animal (2010) conceitua bem-estar como “um termo amplo que abrange tanto o estado físico quanto o mental do animal. Por isso, qualquer tentativa para avaliar o nível de bem-estar em que os animais se encontram deve levar em conta a evidência científica existente relacionada aos sentimentos dos animais. Essa evidência deverá descrever e compreender a estrutura, função e formas comportamentais que expressam o que o animal sente” (WSPA, 2010).

No processo de abate, a insensibilização é uma exigência legal na maioria dos países, mas há exceções como no abate *Halale* e *Kosher*, que somente para atender os rituais religiosos não é exigida a insensibilização. Há quatro razões para que a insensibilização seja feita: minimizar a chance das aves sentirem dor durante ou após o corte no pescoço (sangria); minimizar o estresse que poderia ocorrer durante o sangramento; imobilizar a ave e permitir que a sangria seja feita facilmente e precisamente; evitar as convulsões que ocorrem durante o sangramento em aves não insensibilizadas. Essas razões vão de acordo com os preceitos do bem-estar animal, justificando o atordoamento para garantir um abate humanitário aos frangos.

A Portaria Nº 365, de 16 de Julho de 2021, que regulamenta as técnicas de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue, conceitua a insensibilização ou atordoamento como sendo “o processo aplicado ao animal para insensibilizá-lo rapidamente e manter suas funções vitais até a sangria”. Todos os estabelecimentos destinados ao abate devem aplicar a insensibilização imediata como etapa prévia à sangria. A legislação brasileira prevê como opções para a insensibilização de aves, o método elétrico, ou eletronarcese, e a exposição à atmosfera controlada (BRASIL, 2021; 2000). Os métodos de insensibilização são os mais discutidos quando se trata de bem-estar animal.

A insensibilização consiste na instantânea e completa inconsciência da ave antes do abate. Segundo a WSPA, diz-se que uma ave está adequadamente insensibilizada quando: Fase tônica - a ave mostra o pescoço arqueado, asas fechadas ao corpo, tremor involuntário constante no corpo e asas, olhos abertos e pernas estendidas; ausência de respiração rítmica, que pode ser visualizada pela ausência de contração dos músculos abdominais próximos à cloaca. Fase clônica - movimentos descoordenados de pernas e asas; ausência de reflexos oculares e da terceira pálpebra (membrana nictante) na saída da cuba e antes

da entrada no tanque de escaldagem. Os sinais de falha na insensibilização são: tensão do pescoço, movimento coordenado das asas, retorno da respiração rítmica e tentativa de endireitamento na nória.

A eletronarcore consiste na completa e instantânea inconsciência do animal de abate, a partir da utilização de corrente elétrica, fazendo com que ele possa ser abatido sem sofrer dor e angústia (TANAJURA, 2016). Durante a insensibilização, as aves devem ser suspensas nas nórias e levadas ao insensibilizador, permanecendo imersas por cerca de 7 segundos, sendo que o princípio deste método consiste na passagem de uma corrente elétrica suficiente através do cérebro do animal, impedindo assim, a atividade metabólica cerebral. No Brasil, o atordoamento elétrico ocorre sob baixa intensidade de corrente, sendo comum os insensibilizadores com voltagem variando de 28 a 60 volts, sendo a corrente mínima para atordoamento das aves, quando se utiliza altas frequências (50 a 200 Hz), de 100 mA (BITENCOURT, 2011; RODRIGUES et al., 2016). A insensibilização por eletronarcore é uma eficiente técnica, com ampla abrangência nos frigoríficos avícolas e que possui custo reduzido, sendo por esta razão o método mais empregado em plantas avícolas comerciais no Brasil. Contudo, se esta técnica de insensibilização for realizada de forma inadequada, pode provocar defeitos na carcaça e prejuízos econômicos para a indústria alimentícia (BITENCOURT, 2011; BER; RAJ, 2015; PARTECA et al., 2017).

Outra técnica que ainda tem aplicação restrita nas plantas avícolas é a insensibilização em atmosfera controlada, no entanto, o seu uso se torna promissor diante das exigências dos consumidores pelo bem-estar dos animais, o qual torna inerente o abate humanitário e, conseqüentemente, pela diminuição do estresse tem-se menores perdas econômicas pelo descarte das carcaças (HILLEBRAND et al., 1996; LAMBOOIJ et al., 1999; BITENCOURT, 2011; PARTECA et al., 2017; HAYAT et al., 2023). Na Europa, 80% dos frangos são insensibilizados por atordoamento elétrico e apenas 20% por atmosfera controlada (BER; RAJ, 2015; SMALDONE et al, 2021). Essa técnica tem como princípio a utilização do CO<sub>2</sub> na insensibilização, o qual causa uma saturação dos tecidos com depressão das funções celulares, e bloqueio da capacidade das células nervosas transmitirem estímulos. O efeito anestésico do CO<sub>2</sub> normalmente começa em atmosfera com concentrações de 12% e produz anestesia com 35% (BITENCOURT, 2011).

Uma variação da insensibilização por atmosfera controlada é a insensibilização a baixa pressão atmosférica, a qual é uma nova abordagem para o atordoamento pré-abate de aves de corte, em que as aves ficam inconscientes através da redução gradual da pressão do ar e, portanto, da tensão de oxigênio na atmosfera para atingir uma hipóxia hipobárica progressiva. Semelhante aos sistemas de atordoamento em atmosfera controlada que utilizam exposição ao CO<sub>2</sub> ou a misturas de gases, o sistema de baixa pressão atordoa irreversivelmente as aves em suas caixas de transporte evitando assim preocupações de bem-estar associadas ao acorrentamento de aves conscientes e garantindo que todas as aves sejam atordoadas antes da sangria (MCKEEGAN et al., 2013a; 2013b; MARTIN et

al., 2019).

A atmosfera controlada apresenta como vantagens sobre o atordoamento elétrico a baixa incidência de defeitos na carcaça, como lesões de pele, petéquias, fraturas e contusões, diminuindo o descarte de carcaças por defeitos ou aspecto repugnante (BITENCOURT et al., 2010). Apesar da maior incidência de danos nas asas após esse tipo de insensibilização, esse método reduz substancialmente a incidência de fraturas e hemorragias nos músculos do peito (COENEN et al., 2009; GERRITZEN et al., 2013). Contudo, apresenta como desvantagem ser mais oneroso para a indústria frigorífica devido aos custos com o gás para manutenção da atmosfera controlada, podendo esses custos serem diminuídos quando tem-se um decréscimo do número de carcaças descartadas (HILLEBRAND et al., 1996; BITENCOURT, 2011). A sua utilização tende a aumentar e se tornar mais frequente em indústrias da Europa, sobretudo em abatedouros frigoríficos maiores (BER; RAJ, 2015).

## **6 I BEM-ESTAR E QUALIDADE CÁRNEA RELACIONADA À TÉCNICA DE INSENSIBILIZAÇÃO**

A insensibilização em atmosfera controlada pode trazer vantagens sob vários pontos de vista, uma vez que os equipamentos são de fácil operação, e o controle do processo é relativamente simples. Uma das principais vantagens é o fato de que, com o atordoamento a gás, não há necessidade de inverter e prender as aves conscientes nas nórias, já que as aves são levadas ao atordoador em caixas de transporte (BER; RAJ, 2015). Além disso, o atordoamento das aves quando realizado nas caixas de transporte pode reduzir o nível de estresse associado à operação de pendura nas nórias. Outro fato é que o gás utilizado, CO<sub>2</sub>, é de baixo risco, por não ser corrosivo ou explosivo, conferindo maior padronização e confiabilidade ao processo de atordoamento (OLIVEIRA; PESSA, 2013).

Com a utilização do atordoamento em atmosfera controlada é possível reduzir os problemas de qualidade da carcaça que, por muitas vezes, ocorre na insensibilização elétrica, reduzindo prejuízos na indústria pela redução de descarte das carcaças danificadas. Nesse tipo de insensibilização ocorre a inibição dos mecanismos responsáveis pelas contrações no momento do atordoamento elétrico, sendo que estas resultam em fraturas e hematomas na carcaça, peito e pernas dos frangos. Além da redução desses problemas nos cortes dos frangos, pode ocorrer a diminuição da ocorrência da carne PSE, pelo estresse pré-abate ser menor, e ainda atender ao mercado consumidor cada vez mais exigente em relação ao bem-estar animal, com minimização do sofrimento dos animais durante o pré-abate (BITENCOURT et al., 2010; HINDLE et al, 2010; GERRITZEN et al, 2013; HUANG et al. 2017).

De acordo com os estudos realizados por Hillebrand et al. (1996), foi observado que atordoamento elétrico com voltagens maiores ocasionava hemorragia em todo o corpo,

enquanto que voltagens menores levava ao aparecimento de hemorragias somente nos músculos do peito (**Tabela 1**). Scheuermann et al. (2017), ao avaliarem várias frequências e amperagens no atordoamento de frangos de corte conforme preconiza a legislação vigente da União Europeia (2009), eles observaram que quando utilizadas altas frequências e amperagens de forma concomitante, o atordoamento elétrico causava depreciação na qualidade da carcaça, com ocorrência de hemorragias petequiais e hematomas no peito, coxas e sobrecoxas. Contudo Xu et al. (2011b) observaram que voltagens menores que 65 volts podem comprometer o bem-estar animal, pois foi observado aumento de corticosterona em aves insensibilizadas com 35 volts, indicando ser a insensibilização estressante para as aves e a qualidade da carne, uma vez que voltagens menores aumentaram a força de cisalhamento, definida como a força necessária para se incisar a carne.

Técnica	Local	Metodologia	Resultado	Autor <sup>(1)</sup>
Atordoamento Elétrico	Holanda	AE <sup>(2)</sup> : 100V e 25V (somente na cabeça)	Hemorragia em todo corpo (100V) Hemorragia nos músculos do peito (25V)	1
CO <sub>2</sub> e Atordoamento Elétrico	EUA	Frangos de Corte	Não há diferença no <i>Rigor mortis</i> ; CO <sub>2</sub> produz carne mais escura.	2
Atordoamento Elétrico e Concussão não Penetrante	Reino Unido	AE: 80mA	Concussão apresentou menor número de hemorragias e maior amaciamento da carne.	3
Atordoamento Elétrico	Holanda	AE: 108mA e 116mA	Ocorre hemorragia em diferentes graus.	4
Atordoamento Elétrico	EUA	Perus Atordoados e Não Atordoados AE <sup>(2)</sup> : 40V	O AE atrasa o aparecimento do <i>Rigor mortis</i> .**	5
CO <sub>2</sub> e Atordoamento Elétrico	EUA	AE: 35mA CO <sub>2</sub> : 40%	CO <sub>2</sub> requer escaldagem mais suave.	6
CO <sub>2</sub> e Atordoamento Elétrico	EUA	AE: 11,5V CO <sub>2</sub> : vácuo	À vácuo causa <i>Rigor mortis</i> mais rápido, mas não houve dif. sig. <sup>(3)</sup> para pH, perda por cozimento e aceitabilidade do consumidor.	7

Atordoamento Elétrico	Brasil	Sem AE AE: 40V e 90V	Não houve dif. sig. nas características de qualidade, exceto na cor (AE 90V obtém-se carne mais clara)	8
CO <sub>2</sub>	Holanda	CO <sub>2</sub> : Anóxia (menos de 2% de O <sub>2</sub> ); 30% de CO <sub>2</sub> e 40% de CO <sub>2</sub> e 30% de O <sub>2</sub> (fase de anestesia) seguido de 80% de CO <sub>2</sub> (fase eutanásia).	Na presença de O <sub>2</sub> há possibilidade de retorno da consciência; melhor resultado é a indução gradual da inconsciência - 30% de O <sub>2</sub> (fase de anestesia) seguido de 80% de CO <sub>2</sub> (fase eutanásia).	9
Atordoamento Elétrico e Decapitação	Geórgia, Europa	AE: 14V Decapitação	Não houve dif. sig. no pH e consequentemente no <i>Rigor mortis</i> . Decapitação não é considerada um método humanitário.	10
Atordoamento Elétrico	Holanda	AE: 50V	Eficiência no atordoamento.	11
Atordoamento Elétrico	Holanda e Alemanha	AE: 60, 80, 100, 120 e 150mA	120mA causou parada cardíaca na maioria das aves e abaixo de 100mA houve recuperação da consciência.	12
Atordoamento Elétrico	Holanda	AE: 240mA (~100V) e 100mA	Salpicos de sangue em peito e pernas de aves atordoadas por 100mA. 240 mA foi eficiente para atordoamento.	13
Atordoamento Elétrico	Holanda	AE: 50 a 100mA	Banho de imersão deveria ser extinto	14
CO <sub>2</sub> e Atordoamento Elétrico	China	CO <sub>2</sub> : 40 e 60% AE: 35V, 50V e 65V	Não há dif. sig. <sup>(3)</sup> para atrasar o <i>Rigor mortis</i> .***	15
Atordoamento Elétrico	China	AE: 35V, 50V e 65V	Voltagens menores podem comprometer o bem estar animal e a qualidade da carne.	16

CO <sub>2</sub> e Atordoamento Elétrico	EUA	AE: 31 a 33V CO <sub>2</sub> : baixa atmosfera utilizada em abate comercial.	CO <sub>2</sub> : <i>Rigor mortis</i> mais rápido. Não houve dif. sig. na cor, absorção de água salgada e força de cisalhamento. Aceitabilidade do consumidor maior para carne atordoada com CO <sub>2</sub> .	17
Atordoamento Elétrico	Holanda	AE: 70mA e 100mA	Em 70mA há menos salpicos de sangue na carcaça.	18
Atordoamento Elétrico	Holanda e Alemanha	AE: 60, 80 e 120V.	As diferentes combinações foram eficientes para garantir atordoamento com morte da ave.	19
CO <sub>2</sub>	Holanda	CO <sub>2</sub> : 20, 30, 35, 40 e 65%.	Atordoamento em concentrações de CO <sub>2</sub> menores que 40%, mas com ligeiro desconforto.	20
Atordoamento Elétrico	Holanda	AE: 130V, 110V e 90V	AE com 130V obteve menos salpicos de sangue.	21
Atordoamento Elétrico	China	AE: 15V, 50V e 100V	Níveis médios de corrente (50 V, 67 mA) resulta em uma maior perda por gotejamento do músculo após 24 horas <i>post mortem</i>	22
Atordoamento Elétrico e CO <sub>2</sub>	EUA	AE: 31–33 V, 500 Hz, < 0,5 mA CO <sub>2</sub> : Sistema comercial de baixa pressão atmosférica (Technocatch LLC, Kosciusko, MS) Tempo de desossa <i>post mortem</i> : 0,75h e 4h.	A carne de peito de frango foi altamente aceitável para a maioria dos consumidores, sendo que a desossa após 4h <i>post mortem</i> melhorou as características sensoriais quando a carne foi assada.	23

Atordoamento Elétrico	Itália	AE: 40 V, 80V e 100 V (200Hz); 160 V (600 Hz) e 220 V (750 Hz)	Baixas frequências/intensidade não foram capazes de garantir condições de bem-estar e o aumento da intensidade da corrente elétrica ocorreu produção de lesões macroscópicas nas carcaças. Alta frequência obteve insensibilização eficaz sem impacto negativo na qualidade da carcaça e da carne.	24
Atordoamento Elétrico	Itália	AE: 120-150 V (350 Hz)	Alta incidência de um reflexo corneano mostrando que o animal estava vivo, pode ser indicativo de ineficiência do AE. Necessário indicar uma voltagem ótima.	25
CO <sub>2</sub>	Malásia	Sem atordoamento (abate <i>Halal</i> ) e mistura de gases 40% CO <sub>2</sub> , 30% O <sub>2</sub> , e 30% N <sub>2</sub> )	O CO <sub>2</sub> diminuiu o pH muscular, a vermelhidão, a força de cisalhamento e aumentou as perdas por cozimento e gotejamento da carne.	26
CO <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> + Argônio Atordoamento Elétrico	Brasil	CO <sub>2</sub> : 30%. CO <sub>2</sub> + Argônio: 25% CO <sub>2</sub> + 75% Argônio AE: 220 V AC e 120 mA	A mistura de CO <sub>2</sub> e argônio não proporcionou benefícios adicionais em comparação ao uso apenas de CO <sub>2</sub> . O método de atordoamento não promoveu diferença relevante nas características da carne.	27
Atordoamento Elétrico	Brasil	AE: 116 V e 110 mA; 102 V e 100 mA; 170 V e 155 mA; 215 V e 200 mA	AE implica em depreciação na qualidade da carcaça, ocorrência de hemorragias petequiais e hematomas no peito, coxas e sobrecoxas, quando em altas frequências e amperagens.	28

Atordoamento Elétrico	Grécia	AE: 15 V ou 25 V (500 Hz) fases AC e DC	É possível utilizar protocolos de AE que tornem o frango incapaz de recuperar a consciência e, ao mesmo tempo, minimizem os defeitos de qualidade da carne, no entanto mais investigações em escala comercial são necessárias.	29
Atordoamento Elétrico	China	AE: 5, 15, 25, 35, e 45 V (700 Hz)	Danos nas asas de frangos atordoados com baixas voltagens (5V) com o aparecimento de hemorragias, e nas voltagens maiores (35 e 45 V) o dano foi mais significativo.	30
Atordoamento Elétrico	Itália	AE: 90 mA/ave 150mA/ave (400 Hz)	A maciez da carne não foi afetada pelas condições de AE testadas. Um fluxo de corrente mais elevado aumenta a prevalência de hemorragias, mantendo ao mesmo tempo as características a qualidade da carne. As aves atordoadas a 650 Hz exibiram melhores características da qualidade da carne em comparação com as aves atordoadas em frequências mais baixas.	31
Atordoamento Elétrico		AE: 70 V, 100 mA (AC ou DC, 300 ou 650 Hz)	300 Hz promoveu menor incidência de consciência, sensibilidade e hematomas. Porém, em 650 Hz, as aves poderiam ser consideradas bem insensíveis, uma vez que nenhuma das aves apresentavam reflexo ocular. 650 Hz seria mais adequado para eletronarcole em frangos de corte.	32

Atordoamento Elétrico e CO <sub>2</sub>	Brasil	AE: 180 V, 400 Hz, 150 mA CO <sub>2</sub> : 20, 30, 35, 40, and 60%	CO <sub>2</sub> produziu menos estresse nas aves do que AE.	33
Atordoamento de Baixa Pressão Atmosférica	Reino Unido	Pressão: 33 KPa e 20 KPa	Lesões bilaterais com extensa hemorragia. Os órgãos e cavidades permaneceram intactos após a insensibilização, proporcionando garantia de que o processo não compromete a integridade dos órgãos. Mas é difícil avaliar parâmetros de bem-estar e direcionar as lesões como resultado do processo de atordoamento.	34
Atordoamento Elétrico	Itália	AE: Equipamento A 53, 76 e 80 V (1400 Hz). Equipamento B 150, 170 e 190 V (1400 Hz)	A aplicação de altas frequências com alta intensidade garantem alto nível de inconsciência das aves e baixa incidência de lesões do produto final. Portanto, altas frequências combinadas com alta tensão devem ser aplicadas durante o processo de AE. Porém, a ineficácia do AE pode ser afetada pelo peso dos animais.	35
Atordoamento Elétrico	China	AE: 50 V, 48–52 mA (50 Hz)	O AE antes do abate melhorou as propriedades físicas da carne, incluindo pH, perda por gotejamento, perda por cozimento e força de cisalhamento.	36

Atordoamento Elétrico e CO <sub>2</sub>	Alabama, EUA	AE: 20 mA/ave CO <sub>2</sub> : 5 fases de 20 a 85%	Pequenas diferenças na qualidade da carne na desossagem. Cor, pH e perda por gotejamento não foram diferentes 24 horas após a desossa, indicando aceitabilidade da carne, independente do sistema de atordoamento.	37
---	--------------	--	--	----

<sup>(1)</sup>Autores: 1- HILLEBRAND et al., 1996; 2- KANG; SAMS, 1999; 3- GOKSOY et al., 1999; 4- LAMBOOIJ, et al., 1999; 5- ALVARADO; SAMS, 2000; 6- KRUPALA; SAMS, 2000; 7- BATTULA et al., 2008; 8- TAKAHASHI et al., 2008; 9- COENEN et al., 2009; 10- MCNEAL et al., 2003; 11- LAMBOOIJ, et al., 2008; 12- PRINZ et al., 2010; 13- LAMBOOIJ, et al., 2010; 14- HINDLE et al., 2010; 15- XU, et al., 2011a; 16- XU, et al., 2011b; 17- SCHILLING et al., 2012; 18- LAMBOOIJ, et al., 2012; 19- PRINZ et al., 2012; 20- GERRITZEN et al., 2013; 21- LAMBOOIJ, et al., 2014; 22- HUANG et al., 2014; 23- SCHILLING et al., 2015; 24- GIRASOLE et al., 2015; 25- GRILLI et al., 2015; 26- SALWANI et al., 2016; 27- PINTO et al., 2016; 28- SCHEUERMANN et al., 2017; 29- BOURASSA et al., 2017; 30- HUANG et al., 2017; 31- SIRRI et al., 2017; 32- SIQUEIRA et al., 2017; 33- SILVA-BUZANELLO et al., 2018; 34- MARTIN et al., 2019; 35- SMALDONE et al., 2021; 36- LI et al., 2022; 37- RIGGS et al., 2023.

<sup>(2)</sup>AE: Atordoamento Elétrico.

<sup>(3)</sup>dif. sig.: diferença significativa.

Tabela 1. Comparativo de metodologias e resultados para atordoamento elétrico e atordoamento por atmosfera controlada (CO<sub>2</sub>) em diferentes estudos nos principais países produtores (EUA, China e Brasil) e consumidores (União Europeia e China) de carne de frango no mundo.

Huang et al. (2017) observaram danos nas asas de frangos atordoados com baixas voltagens (5V), com o aparecimento de hemorragias, possivelmente, devido à baixa tensão não ter sido suficiente para atordoar os frangos, com o bater das asas durante a sangria, fez com que as asas do frango adjacente batessem umas nas outras e causassem danos. Nas voltagens maiores (35 e 45 V) o dano foi mais significativo ( $p < 0,05$ ) do que nas voltagens intermediárias (15 e 25 V). Com o aumento da voltagem, o dano ao músculo peitoral seria devido, provavelmente, à alta voltagem, levando à ruptura dos capilares sanguíneos. O atordoamento com níveis médios de corrente (50 V, 67 mA) resulta em uma maior perda por gotejamento do músculo após 24 horas *post mortem*. Esse quadro é resultante da combinação de pH baixo e alta temperatura *post mortem*, a qual resulta na desnaturação das proteínas, o que leva à redução da capacidade de retenção de água (HUANG et al., 2014). Ainda assim, Sirri et al. (2017) notaram que a utilização de um fluxo de corrente mais elevado, como sugerido pelo regulamento da União Europeia, para proteger os animais no momento do abate, aumenta a prevalência de hemorragias, contudo, mantendo ao mesmo tempo as características de qualidade da carne, com um possível efeito benéfico na capacidade de retenção de água da carne fresca.

Ainda sobre o aspecto da qualidade da carne, os dados apresentados também estão de acordo com o estudo de Girasole et al. (2015), os quais observaram que baixas

freqüências (200 Hz) não foram capazes de garantir condições adequadas de bem-estar com baixa intensidade de corrente elétrica (30 mA/ave). Com o aumento da intensidade da corrente elétrica (53 e 66 mA/ave), mantendo a frequência de 200 Hz, ainda foi possível observar produção de lesões macroscópicas nas carcaças com efeito adverso na carne. Já em uma frequência de 750 Hz e uma intensidade de 200 mA para cada ave, o aumento se mostrou como a melhor combinação de parâmetros elétricos para obter uma insensibilização eficaz para a maioria dos animais do estudo sem impacto negativo na qualidade da carcaça e da carne, mesmo resultado encontrado por Siqueira et al. (2017) e Smaldone et al. (2021) (**Tabela 1**).

Segundo Bitencourt et al. (2010), não houve diferença no tempo de aparecimento do *Rigor mortis* entre os tipos de insensibilização e o atordoamento por CO<sub>2</sub> produz carne mais escura, sugerindo que a falta de oxigenação no pré-abate leva ao escurecimento da carne. Este resultado é confirmado por Xu et al. (2011a), em que não foi observada diferença significativa entre atmosfera controlada e método elétrico para atrasar o *Rigor mortis*. Contudo, Rodrigues; Silva (2016) observaram que o atordoamento elétrico pode atrasar o aparecimento do *Rigor mortis*, notável pela diminuição do pH, resultante do aumento do ácido láctico no músculo, devido à glicólise durante o desenvolvimento do *Rigor mortis*. Este fato, pode ser a explicação também para a observação de Schilling et al. (2012), em que o *Rigor mortis* apareceu mais rápido com atordoamento com atmosfera controlada do que com atordoamento elétrico, evidenciando que a presença do CO<sub>2</sub> leva à hipóxia e consequentemente ao aumento de ácido láctico, fazendo com que o aparecimento do *Rigor mortis* seja mais rápido.

Salwani et al. (2016), demonstraram que a aplicação do atordoamento gasoso diminuiu significativamente o pH muscular, a vermelhidão, a força de cisalhamento e aumentou as perdas por cozimento e gotejamento do músculo do peito de frangos de corte quando comparados a frangos do abate *Halal*, sem atordoamento. A expressão significativamente maior ( $p < 0,05$ ) das enzimas beta-enolase, piruvato quinase e creatina quinase sugere que o atordoamento gasoso aumentou a taxa de metabolismo energético, o que poderia comprometer a qualidade da carne em frangos de corte. No entanto, tanto a União Europeia quanto o Brasil preconizam a insensibilização pré-abate nos abatedouros frigoríficos, à exceção apenas para o abate religioso.

Desta forma, como é inerente ao processo de abate para respeitar o bem-estar das aves, entre as opções de insensibilização, o sistema de atmosfera controlada é o que causa menos danos à carcaça e aos cortes de frangos. Diante dessas observações, o pH da carne poderia ser utilizado como referência para avaliação de estresse, sugerindo que valores de pH mais baixos indicam maiores níveis de estresse durante o abate (LI et al., 2022; GOVINDAIAH et al., 2023). Todavia, os resultados de Govindaiah et al. (2023) revelaram que o atordoamento elétrico não teve efeito sobre o pH até às 24h *post mortem* e esses resultados são semelhantes aos encontrados por outros estudos na literatura

(LAMBOOIJ et al., 2010; HUANG et al., 2017; RIGGS et al., 2023).

Ao serem avaliadas as características sensoriais da carne de frango, tanto obtida pelo atordoamento elétrico como pelo sistema de atmosfera controlada, Schilling et al. (2015) observaram que ambos os métodos resultaram em uma carne altamente aceitável. No entanto, a carne obtida de frangos submetidos ao sistema de atmosfera controlada e que a desossa ocorreu 4h *post mortem*, melhorou sensorialmente suas características quando assada, demonstrando mesmo que pequena, a superioridade sensorial da carne de frango que passa pela insensibilização por CO<sub>2</sub>. Esses resultados estão de acordo aos observados por Riggs et al. (2023), ao avaliarem a qualidade da carne comparando o atordoamento elétrico e o de atmosfera controlada, nos quais a qualidade da carne do filé de peito apresentou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), no entanto pequenas, na desossagem entre frangos insensibilizados com atordoamento elétrico ou CO<sub>2</sub>. A cor, o pH e a perda por gotejamento não foram diferentes 24 horas após a desossa, indicando aceitabilidade da qualidade do filé de peito com o uso de qualquer um dos sistemas de atordoamento para os consumidores.

Em relação ao atordoamento por atmosfera controlada, no estudo de Coenen et al. (2009), observou-se ao atordoar frangos com anóxia e concentrações diferentes de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, que na presença de O<sub>2</sub> há possibilidade de retorno da consciência e que o melhor resultado é a indução gradual da inconsciência com 30% de O<sub>2</sub> (fase de anestesia) seguido de 80% de CO<sub>2</sub> (fase eutanásia) (**Tabela 1**). Todavia, no Brasil a forma de atordoamento que leva a morte do animal, não poderia ser utilizada, uma vez que a Instrução Normativa Nº 3, de 17/01/2000, diz que na insensibilização o animal deve manter suas funções vitais até a sangria e a concentração de dióxido de carbono, em seu nível máximo, em volume, deve ser de, pelo menos 30% para aves. Assim, as concentrações de CO<sub>2</sub> não podem ser menores que 30% e esta normativa corrobora com estudos de Gerritzen et al. (2013) em que foi observado desconforto das aves no atordoamento em concentrações de CO<sub>2</sub> menores que 40%. A insensibilização deve ser controlada para induzir e manter os animais em estado de inconsciência até a sangria, sem submetê-los a lesões e sofrimento físico e nem levá-los à morte (BRASIL, 2021).

Como a atmosfera controlada é utilizada na Europa de forma a induzir analgesia e eutanásia, esta forma está de acordo com o Regulamento (CE) Nº 1099/2009 do Conselho da União Europeia, de 24/09/2009, o qual diz que “dependendo da forma como são utilizados durante o processo de abate ou occisão, alguns métodos de atordoamento podem conduzir à morte de um modo que não provoca dor aos animais e minimiza a sua aflição ou o seu sofrimento”. Contudo, o fato de estar em anóxia pode levar ao comprometimento do bem-estar animal, pois a insensibilização traria momentos de sofrimento às aves, uma vez que estariam sem oxigênio. Neste caso, salienta-se que o Brasil tem uma legislação que melhor resguarda o bem-estar dos animais, por não permitir a ocorrência de morte na fase de insensibilização e o regulamento citado da União Europeia permite. Dessa forma, pode

ocorrer uma falha em relação ao bem-estar porque a ave estará em um estado de anóxia e tenderá a sofrer mais.

## 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos dados expostos nesta revisão, pode-se concluir que, após estudos definidos e disponibilizados para as indústrias, a insensibilização em atmosfera controlada poderá ser mais frequentemente utilizada e substituir com vantagens a insensibilização elétrica. Esta quando realizada, deveria ocorrer em frequências entre 650 a 750 Hz, com devidas combinações de voltagens e amperagens, pois minimizaria os defeitos que causam rejeição nas carcaças de frangos. Pode-se notar que a insensibilização em atmosfera controlada é um método que resulta em menor estresse sobre os frangos de corte em relação a insensibilização por eletronarcorese. A técnica de atordoamento gasoso facilita as operações de abate, reduzindo risco das operações e assegurando o bem-estar dos animais com qualidade cárnea, diminuindo as perdas econômicas para a indústria de alimentos.

Nota-se também, que o Brasil tem uma legislação que melhor resguarda o bem-estar dos animais, uma vez que não permite a ocorrência de morte na fase de insensibilização, sendo permitido na legislação da União Europeia. Contudo, fazem-se necessários mais estudos voltados para o Brasil, pois a maior parte dos artigos compilados são europeus, evidenciando a preocupação deste bloco com o bem-estar animal e a qualidade cárnea, e o Brasil sendo o principal exportador para União Europeia, necessita abordar mais a temática do bem-estar animal nas pesquisas realizadas sobre a cadeia produtiva da carne de frango no país.

## REFERÊNCIAS

ABPA – Associação Brasileira dos Proteína Animal. Relatório Anual 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2022.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.

ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. Rigor Mortis Development in Turkey Breast Muscle and the Effect of Electrical Stunning. **Poultry Science**, v.79, p.1694-1698, 2000.

BATTULA, V.; SCHILLING, M. W.; VIZZIER-THAXTON, Y.; BEHREND, J. M.; WILLIAMS, J. B.; SCHMIDT, T. B. The Effects of Low-Atmosphere Stunning and Deboning Time on Broiler Breast Meat Quality. **Poultry Science**, v.87, p.1202-1210, 2008.

BERG, C.; RAJ, M. A review of different stunning methods for poultry—animal welfare aspects (stunning methods for poultry). **Animals**, v. 5, n. 4, p. 1207-1219, 2015.

BOURASSA, D. V.; BOWKER, B. C.; ZHUANG, H.; WILSON, K. M.; HARRIS, C. E.; BUHR, R. J. Impact of alternative electrical stunning parameters on the ability of broilers to recover consciousness and meat quality. **Poultry Science**, v. 96, n. 9, p. 3495-3501, 2017.

BRAMBILA, G.S.; BOWKER, B.C.; CHATTERJEE, D.; ZHUANG, H. Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4 and 20° C. **Poultry Science**, v. 97, p. 1762–1767, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria Nº 365, de 16/07/2021**. Disponível em <www.agricultura.gov.br> Acesso em: 02 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº3, de 17/10/2000**. Disponível em <www.agricultura.gov.br> Acesso em: 31 out. 2023.

BITENCOURT, D. A. **Insensibilização de frangos de corte em atmosfera controlada na promoção do bem-estar animal**. 2011. 53p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araçatuba.

BITENCOURT, D. A.; RIBEIRO, S. C.; KEPZYNSKI, F.; PINTO, M. F. Bem estar animal: insensibilização de frangos de corte em atmosfera controlada. **Veterinária e Zootecnia**, v. 17, n. 1, supl. 1, p. 137-137, 2010.

COENEN, A. M. L.; LANKHAAR, J.; LOWE, J. C.; MCKEEGAN, D. E. F. Remote monitoring of electroencephalogram, electrocardiogram, and behavior during controlled atmosphere stunning in broilers: Implications for welfare. **Poultry Science**, v.89, p.10-19, 2009.

GERRITZEN, M. A.; REIMERT, H. G. M.; HINDLE, V. A.; VERHOEVEN, M. T. W.; VEERKAMP, W. B. Multistage carbon dioxide gas stunning of broilers. **Poultry Science**, v.92, p.41-50, 2013.

GIRASOLE, M.; CHIROLLO, C.; CERUSO, M.; VOLLANO, L.; CHIANESE, A.; CORTESI, M. L. Optimization of stunning electrical parameters to improve animal welfare in a poultry slaughterhouse. **Italian Journal of Food Safety**, v. 4, n. 3, 2015.

GOKSOY, E. O.; MCKINSTRY, L. J.; WILKINS, L. J.; PARKMAN, I.; PHILLIPS, A.; RICHARDSON, I.; ANILM, H. Broiler Stunning and Meat Quality. **Poultry Science**, v.78, p.1796-1800, 1999.

GOKSOY, E. O.; MCKINSTRY, L. J.; WILKINS, L. J.; PARKMAN, I.; PHILLIPS, A.; RICHARDSON, I.; ANILM, H. Broiler Stunning and Meat Quality. **Poultry Science**, v.78, p.1796-1800, 1999.

GOVINDAIAH, P. M.; MAHESWARAPPA, N. B.; BANERJEE, R.; MISHRA, B. P.; MANOHAR, B. B.; DASOJU, S. Traditional halal meat production without stunning versus commercial slaughter with electrical stunning of slow-growing broiler chicken: impact on meat quality and proteome changes. **Poultry Science**, v. 102, n. 11, p. 103033, 2023.

GRILLI, C.; LOSCHI, A. R.; REA, S.; STOCCHI, R.; LEONI, L.; CONTI, F. Welfare indicators during broiler slaughtering. **British Poultry Science**, v. 56, n. 1, p. 1-5, 2015.

HAYAT, M. N.; KUMAR, P.; SAZILI, A. Q. Are Spiritual, Ethical, and Eating Qualities of Poultry Meat Influenced by Current and Frequency during Electrical Water-Bath Stunning? **Poultry Science**, p. 102838, 2023.

HINDLE, V. A.; LAMBOOIJ, E.; REIMERT, H. G. M.; WORKEL, L. D.; GERRITZEN, M. A. Animal welfare concerns during the use of the water bath for stunning broilers, hens, and ducks. **Poultry Science**, v.89, p.401-412, 2010.

HILLEBRAND, S. J. W.; LAMBOOY, E.; VEERKAMP, C. H. The Effects of Alternative Electrical and Mechanical Stunning Methods on Hemorrhaging and Meat Quality of Broiler Breast and Thigh Muscles. **Poultry Science**, v.75, p.664-671, 1996.

HUALLANCO, M. B. A. **Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes e efeito pós-abate na qualidade de cortes de frango criados no sistema alternativo**. 2004. 98p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

HUANG, J. C.; HUANG, M.; YANG, J.; WANG, P.; XU, X. L.; ZHOU, G. H. The effects of electrical stunning methods on broiler meat quality: Effect on stress, glycolysis, water distribution, and myofibrillar ultrastructures. **Poultry Science**, v. 93, n. 8, p. 2087-2095, 2014.

HUANG, J. C.; YANG, J.; HUANG, M.; CHEN, K. J.; XU, X. L.; ZHOU, G. H. The effects of electrical stunning voltage on meat quality, plasma parameters, and protein solubility of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 96, n. 3, p. 764-769, 2017.

HUGHES, J.M.; OISETH, S.K.; PURSLOW, P.P.; WARNER, R.D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, p. 520–532, 2014.

KANG, I. S.; SAMS, A. R. A Comparison of Texture and Quality of Breast Fillets from Broilers Stunned by Electricity and Carbon Dioxide on a Shackle Line or Killed with Carbon Dioxide. **Poultry Science**, v.78, p.1334-1337, 1999.

KRUPALA, J. K.; SAMS, A. R. Feather Release Force in Minimally Scalded Broilers Stunned with Carbon Dioxide or Electricity. **Poultry Science**, v.79, p.1222-1224, 2000.

LAMBOOIJ, E.; PIETERSE, C.; HILLEBRAND, S. J. W.; DIJKSTERHUIS, G. B. The Effects of Captive Bolt and Electrical Stunning, and Restraining Methods on Broiler Meat Quality. **Poultry Science**, v.78, p.600-607, 1999.

LAMBOOIJ, E.; REIMERT, H. J.; VAN DE VIS, W.; GERRITZEN, M. A. Head-to-Cloaca Electrical Stunning of Broilers. **Poultry Science**, v.87, p.2160-2165, 2008.

LAMBOOIJ, E.; REIMERT, H. G. M.; HINDLE, V. A. Evaluation of head-only electrical stunning for practical application: Assessment of neural and meat quality parameters. **Poultry Science**, v.89, p.2551-2558, 2010.

LAMBOOIJ, E.; REIMERT, H. G. M.; WORKEL, L. D.; HINDLE, V. A. Head-cloaca controlled current stunning: assessment of brain and heart activity and meat quality. **British Poultry Science**, v.53, p.168-174, 2012.

LAMBOOIJ, E.; REIMERT, H. G. M.; VERHOEVEN, M. T. W.; HINDLE, V. A. Cone restraining and head-only electrical stunning in broilers: Effects on physiological responses and meat quality. **Poultry Science**, v.93, p.512-518, 2014.

LI, W.; YAN, C.; DESCOVICH, K.; PHILLIPS, C. J.; CHEN, Y.; HUANG, H.; WU, X.; LIU, J.; CHEN, S.; ZHAO, X. Effects of Preslaughter Electrical Stunning on Serum Cortisol and Meat Quality Parameters of a Slow-Growing Chinese Chicken Breed. **Animals**, v. 12, n. 20, p. 2866, 2022.

- MARTIN, J. E.; MCKEEGAN, D. E.; MAGEE, D. L.; ARMOUR, N.; PRITCHARD, D. G. Pathological consequences of low atmospheric pressure stunning in broiler chickens. **Animal**, v. 14, n. 1, p. 129-137, 2019.
- MCKEEGAN, D. E. F.; REIMERT, H. G. M.; HINDLE, V. A.; BOULCOTT, P.; SPARREY, J. M.; WATHES, C. M.; DEMMERS, T. G. M.; GERRITZEN, M. A. Physiological and behavioral responses of poultry exposed to gas-filled high expansion foam. **Poultry Science**, v. 92, p. 1145–1154, 2013a.
- MCKEEGAN, D. E. F.; SANDERCOCK, D. A.; GERRITZEN, M. A. Physiological responses to low atmospheric pressure stunning (LAPS) and their implications for welfare. **Poultry Science**, v. 92, p. 858–868, 2013b.
- MCNEAL, W. D.; FLETCHER, D. L.; BUHR, R. J. Effects of Stunning and Decapitation on Broiler Activity During Bleeding, Blood Loss, Carcass, and Breast Meat Quality. **Poultry Science**, v.82, p.1352-1355, 2003.
- MIR, N. A.; RAFIQ, A.; KUMAR, F.; SINGH, V.; SHUKLA, V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, p. 2997-3009, 2017.
- MOREIRA, J. Preocupação crescente. **Avicultura Industrial**. Disponível em: [http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticia/preocupacao-crescente/20050512191805\\_13141](http://www.aviculturaindustrial.com.br/noticia/preocupacao-crescente/20050512191805_13141). Acesso em: 2 ago. 2023.
- OLIVEIRA, G. A.; PESSA, S. L. R. Revisão dos aspectos operacionais e os estressores relacionados à fase de pré-abate de frangos. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/11>. Acesso em: 2 nov. 2023.
- PARTECA, S.; LUNKES, A. M.; TONIAL, I. B.; ALFARO, A. T. Efeitos da insensibilização elétrica na qualidade da carne de perus: Revisão. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v.1, n.1, p.9 - 30, 2017.
- PINTO, M. F.; BITENCOURT, D. A.; PONSANO, E. H. G.; NETO, M. G.; BOSSOLANI, I. L. C. Effect of electrical and controlled atmosphere stunning methods on broiler chicken behavior at slaughter, blood stress indicators and meat traits. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 53, n. 4, p. 1-8, 2016.
- PRINZ, S.; VAN OIJEN, G.; EHINGER, F.; BESSEI, W.; COENEN, A. Effects of waterbath stunning on the electroencephalograms and physical reflexes of broilers using a pulsed direct current. **Poultry Science**, v.89, p.1275-1284, 2010.
- PRINZ, S.; VAN OIJEN, G.; EHINGER, F.; BESSEI, W.; COENEN, A. Electrical waterbath stunning: Influence of different waveform and voltage settings on the induction of unconsciousness and death in male and female broiler chickens. **Poultry Science**, v.91, p.998-1008, 2012.
- RIGGS, M. R.; HAUCK, R.; BAKER-COOK, B. I.; OSBORNE, R. C.; PAL, A.; TERRA, M. T. B.; SIMS, G.; URRUTIA, A.; ORELLANA-GALINDO, L.; REINA, M.; DEVILLENA, J. F.; BOURASSA, D. V. Meat quality of broiler chickens processed using electrical and controlled atmosphere stunning systems. **Poultry Science**, v. 102, n. 3, p. 102422, 2023.
- RODRIGUES, D. R.; SANTOS, F. R.; SILVA, W. J.; GOUVEIA, A. B. V. S.; MINAFRA, C. S. Abate humanitário de aves: Revisão. **PUBVET**, v. 10, p. 636-720, 2016.

RODRIGUES, T. P.; SILVA, T. J. P. Caracterização do processo de *rigor mortis* e qualidade da carne de animais abatidos no Brasil. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v.1, n.1, p.1 - 20, 2016.

SALWANI, M. S.; ADEYEMI, K. D.; SARAH, S. A.; VEJAYAN, J.; ZULKIFLI, I.; SAZILI, A. Q. Skeletal muscle proteome and meat quality of broiler chickens subjected to gas stunning prior slaughter or slaughtered without stunning. **CyTA-Journal of Food**, v. 14, n. 3, p. 375-381, 2016.

SCHILLING, M. W.; RADHAKRISHNAN, V.; VIZZIER-THAXTON, Y.; CHRISTENSEN, K.; JOSEPH, P.; WILLIAMS, J. B.; SCHMIDT, T. B. The effects of low atmosphere stunning and deboning time on broiler breast meat quality. **Poultry Science**, v.91, p.3214-3222, 2012.

SCHILLING, M. W.; RADHAKRISHNAN, V.; VIZZIER-THAXTON, Y.; CHRISTENSEN, K.; WILLIAMS, J. B.; JOSEPH, P. Sensory quality of broiler breast meat influenced by low atmospheric pressure stunning, deboning time and cooking methods. **Poultry Science**, v. 94, n. 6, p. 1379-1388, 2015.

SCHEUERMANN, G. N.; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F. R. F.; ROSA, P. S.; MORÉS, M. A. Z.; CARON, L. XAVIER COSTA, E.; LA VEJA, L. T.; ALVES, S. P. Aplicação dos parâmetros elétricos do regulamento CE 1099/2009 na eletronarcose de frangos: Impactos na carcaça. **Embrapa**, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165473/1/final8473.pdf> Acesso em: 2 nov. 2023.

SILVA-BUZANELLO, R. A.; SCHUCH, A. F.; NOGUES, D. R. N.; MELO, P. F.; GASPARIN, A. W.; TORQUATO, A. S.; CANAN, C.; SOARES, A. L. Physicochemical and biochemical parameters of chicken breast meat influenced by stunning methods. **Poultry Science**, v. 97, n. 11, p. 3786-3792, 2018.

SIRRI, F.; PETRACCI, M.; ZAMPIGA, M.; MELUZZI, A. Effect of EU electrical stunning conditions on breast meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 3000-3004, 2017.

SIQUEIRA, T. S.; BORGES, T. D.; ROCHA, R. M. M.; FIGUEIRA, P. T.; LUCIANO, F. B.; MACEDO, R. E. F. Effect of electrical stunning frequency and current waveform in poultry welfare and meat quality. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 2956-2964, 2017.

SMALDONE, G.; CAPEZZUTO, S.; AMBROSIO, R. L.; PERUZY, M. F.; MARRONE, R.; PERES, G.; ANASTASIO, A. The influence of broilers' body weight on the efficiency of electrical stunning and meat Quality under field conditions. **Animals**, v. 11, n. 5, p. 1362, 2021.

TAKAHASHI, S. E.; MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M.; SOUZA, H. B. A.; PAZ, I. C. L. A.; GARCIA, R. G.; MOREIRA, J.; BALOG NETO, A.; BOIAGO, M. M. Efeito do atordoamento elétrico e tipo de desossa sobre a ocorrência de carne pálida em frangos de corte. **Revista de Veterinária e Zootecnia**, v. 3, p.61-69, 2009.

TANAJURA, R. B. **Tecnopatias apresentadas em carcaças de frangos de corte (*Gallus gallus domesticus*) insensibilizados pelo sistema de eletronarcose**. 2016. 109p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

UNIÃO EUROPEIA. Conselho da União Europeia. Regulamento (CE) N° 1099/2009 do Conselho, de 24/09/2009. Disponível em: [http://www.apicarnes.pt/pdf/legislacao/Reg\\_1099\\_2009.PDF](http://www.apicarnes.pt/pdf/legislacao/Reg_1099_2009.PDF). Acesso em: 2 nov. 2023.

WSPA – Sociedade Mundial de Proteção Animal. **Abate humanitário de aves**. Rio de Janeiro: WSPA, 2010. 122p. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/Abate%20H\\_%20de%20Aves%20-%20WSPA%20Brasil.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Abate%20H_%20de%20Aves%20-%20WSPA%20Brasil.pdf). Acesso em: 23 mai. 2023.

XU, L.; YUE, H. Y.; WU, S. G.; ZHANG, H. J.; JI, F.; ZHANG, L.; QI, G. H. Comparison of blood variables, fiber intensity, and muscle metabolites in hot-boned muscles from electrical- and gas-stunned broilers. **Poultry Science**, v.90, p.1837-1843, 2011a.

XU, L.; ZHANG, H. J.; YUE, H. Y.; WU, S. G.; JI, F.; ZHANG, L.; QI, G. H. Effect of electrical stunning current and frequency on meat quality, plasma parameters, and glycolytic potential in broilers. **Poultry Science**, v.90, p.1823-1830, 2011b.