



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
E RECURSOS PESQUEIROS



**BIOPRODUTO À BASE DE ÓLEO DE ANDIROBA COMO AGENTE ANTI-  
MICROBIANO E BIO-REVESTIMENTO PARA OVOS COMERCIAIS**

JOÃO PAULO FERREIRA RUFINO

Manaus - Amazonas

Agosto, 2024

JOÃO PAULO FERREIRA RUFINO

**BIOPRODUTO À BASE DE ÓLEO DE ANDIROBA COMO AGENTE ANTI-MICROBIANO E BIO-REVESTIMENTO PARA OVOS COMERCIAIS**

Orientador: Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto

Coorientador: Dr. José de Ribamar da Silva Nunes

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros - PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito final para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Manaus - Amazonas

Agosto, 2024

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R926b Rufino, João Paulo Ferreira  
Bioproduto à base de óleo de andiroba como agente anti-microbiano e bio-revestimento para ovos comerciais / João Paulo Ferreira Rufino . 2024  
109 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Pedro de Queiroz Costa Neto  
Coorientador: José de Ribamar da Silva Nunes  
Tese (Doutorado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Amazônia. 2. avicultura. 3. biotecnologia. 4. Carapa guianensis  
Aubl.. I. Costa Neto, Pedro de Queiroz. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

# JOÃO PAULO FERREIRA RUFINO

## BIOPRODUTO À BASE DE ÓLEO DE ANDIROBA COMO AGENTE ANTIMICROBIANO E BIO-REVESTIMENTO PARA OVOS COMERCIAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração em Produção.

Aprovado em 09 de agosto de 2024.

### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 PEDRO DE QUEIROZ COSTA NETO  
Data: 09/08/2024 15:18:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto  
Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente  
 PEDRO ALVES DE OLIVEIRA FILHO  
Data: 09/08/2024 15:25:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Pedro Alves de Oliveira Filho - Membro  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente  
 NOEDSON DE JESUS BELTRAO MACHADO  
Data: 09/08/2024 15:50:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Noedson de Jesus Beltrão Machado - Membro  
Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente  
 JELMIR CRAVEIRO DE ANDRADE  
Data: 09/08/2024 16:01:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Jelmir Craveiro Andrade - Membro  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Documento assinado digitalmente  
 JOANA MAIA MENDES  
Data: 09/08/2024 16:50:40-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Joana Maia Mendes - Membro  
Universidade Federal do Amazonas

## RESUMO

Este estudo foi dividido em cinco capítulos: sendo o primeiro (Capítulo I) referente a revisão de literatura, o segundo (Capítulo II) referente ao diagnóstico do perfil produtivo e econômico da cadeia da andiroba no estado do Amazonas (Brasil), o terceiro (Capítulo III) referente a avaliação da eficácia de bioproduto com níveis de óleo de andiroba e aplicado em diferentes métodos e períodos na conservação de ovos estocados em temperatura ambiente, o quarto (Capítulo IV) referente a avaliação de diferentes níveis de óleo na composição do bioproduto sobre a qualidade dos ovos, e o quinto (Capítulo V) referente a avaliação da eficácia de bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) aplicado em ovos estocados em diferentes períodos e ambientes. A partir dos resultados obtidos em cada capítulo foi possível destacar resultados importantes sobre a produção e aplicação do óleo de andiroba, destacando seu uso na conservação de ovos. O Capítulo II revelou que a produção de óleo de andiroba no Amazonas é concentrada em três microrregiões: Juruá, Jutai/Solimões/Juruá e Purus, sendo o Juruá o principal produtor. Entre 2010 e 2022, os preços pagos por quilo de óleo aumentaram quase quatro vezes, e tanto o número de produtores quanto o preço pago são fatores cruciais para a produção. Essa produção ainda é realizada por métodos tradicionais e vendida predominantemente em mercados locais, com a indústria buscando expansão. O Capítulo III mostrou que o BPOA é eficaz na conservação de ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente. A imersão dos ovos foi o método mais eficaz de aplicação, especialmente com 30 segundos de aplicação. Contudo, níveis elevados de óleo no BPOA e tempos mais longos podem afetar a aceitação sensorial dos ovos. No Capítulo IV, confirmou-se que o BPOA melhora a conservação dos ovos ao longo de sete dias, sendo o nível de 15% de óleo na fórmula o mais eficaz. O BPOA mantém a qualidade física e química dos ovos e reduz concentrações bacteriológicas. No entanto, novamente, a aceitação sensorial dos ovos pode ser comprometida com altos níveis de óleo. O Capítulo V demonstrou que o BPOA e o armazenamento em ambiente refrigerado têm impacto significativo na preservação da qualidade dos ovos. A refrigeração ajuda a manter a umidade, reduzir a atividade de água e desacelerar reações químicas e microbianas, além de prevenir contaminações bacterianas, incluindo *Salmonella* spp. Esses fatores melhoram a conservação e segurança dos ovos em comparação com o armazenamento em temperatura ambiente sem BPOA.

**Palavras-chave:** Amazônia, avicultura, biotecnologia, *Carapa guianensis* Aubl.

## ABSTRACT

This study was divided into five chapters: the first (Chapter I) deals with the literature review, the second (Chapter II) concerns the diagnosis of the productive and economic profile of the andiroba oil chain in the Amazonas state (Brazil), the third (Chapter III) evaluates the effectiveness of a bioproduct with andiroba oil levels applied in different methods and periods for the conservation of eggs stored at room temperature, the fourth (Chapter IV) assesses different levels of oil in the bioproduct composition on egg quality, and the fifth (Chapter V) evaluates the effectiveness of an andiroba oil-based bioproduct (BPOA) applied to eggs stored for different periods and environments. Based on the results obtained in each chapter, important findings about the production and application of andiroba oil were highlighted, especially its use in egg conservation. Chapter II revealed that andiroba oil production in Amazonas is concentrated in three microregions: Juruá, Juruá/Solimões/Juruá, and Purus, with Juruá being the main producer. Between 2010 and 2022, the price paid per kilogram of oil increased almost fourfold, and both the number of producers and the price paid are crucial factors for production. This production is still carried out using traditional methods and is predominantly sold in local markets, with the industry seeking expansion. Chapter III showed that BPOA is effective in conserving eggs stored for seven days at room temperature. Egg immersion was the most effective application method, especially with a 30-second application. However, high oil levels in BPOA and longer application times may affect the sensory acceptance of eggs. Chapter IV confirmed that BPOA improves egg conservation over seven days, with a 15% oil level in the formula being the most effective. BPOA maintains the physical and chemical quality of the eggs and reduces bacteriological concentrations. However, once again, sensory acceptance of the eggs may be compromised with high oil levels. Chapter V demonstrated that BPOA and refrigerated storage has a significant impact on maintaining egg quality. Refrigeration helps maintain moisture, reduce water activity, and slow down chemical and microbial reactions, as well as prevent bacterial contamination, including *Salmonella* spp. These factors significantly improves the conservation and safety of eggs compared to storage at room temperature without BPOA.

**Keywords:** Amazon, biotechnology, *Carapa guianensis* Aubl., poultry farming.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Divisão do estado do Amazonas em microrregiões conforme a área de atuação do IDAM e a distribuição das calhas dos rios ao longo do território.....	22
<b>Figura 2.</b> Processo de extração tradicional e industrial do óleo de andiroba no âmbito comercial do Amazonas.....	32
<b>Figura 3.</b> Cromatograma das substâncias identificadas no óleo de andiroba utilizado para compor o bioproduto testado.....	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Produção percentual de óleo de andiroba em cada microrregião do Amazonas no período de 2010 e 2022.....	26
<b>Tabela 2.</b> Número de produtores extrativistas atuantes na produção de óleo de andiroba no Amazonas no período de 2010 e 2022.....	26
<b>Tabela 3.</b> Evolução dos preços médios pagos ao produtor por kg de óleo de andiroba na safra e na entressafra no mercado do Amazonas no período de 2010 e 2022.....	27
<b>Tabela 4.</b> Modelo econométrico referente à produção de óleo de andiroba no Amazonas de 2010 e 2022.....	29
<b>Tabela 5.</b> Matriz de correlação das variáveis integrantes do modelo econométrico referente à produção de óleo de andiroba no Amazonas no período de 2010 e 2022.....	30
<b>Tabela 6.</b> Peso dos ovos e porcentagens de gema, albúmen e casca de ovos submetidos à bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação.....	44
<b>Tabela 7.</b> Qualidade física de ovos submetidos à bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação.....	45
<b>Tabela 8.</b> Concentrações bacteriológicas de ovos submetidos à bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação.....	46
<b>Tabela 9.</b> Análise da presença de <i>Salmonella</i> spp. em ovos submetidos ao bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação.....	47
<b>Tabela 10.</b> Composição química e oxidação lipídica da gema de ovos submetidos à bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba aplicados através de diferentes métodos e tempos de aplicação.....	48
<b>Tabela 11.</b> Análise sensorial de ovos submetidos à bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba aplicados através de diferentes métodos e tempos de aplicação.....	49
<b>Tabela 12.</b> Qualidade física de ovos revestidos com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba.....	66
<b>Tabela 13.</b> Concentrações bacteriológicas de ovos revestido com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba.....	67
<b>Tabela 14.</b> Composição química de ovos revestido com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba.....	68
<b>Tabela 15.</b> Análise sensorial de ovos revestido com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba.....	69

<b>Tabela 16.</b> Qualidade física (peso do ovo e percentuais de gema, albúmen e casca) de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente ou refrigerados em diferentes períodos.....	82
<b>Tabela 17.</b> Qualidade física de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente ou refrigerados em diferentes períodos.....	83
<b>Tabela 18.</b> Composição química de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente e refrigerados em diferentes períodos.....	84
<b>Tabela 19.</b> Oxidação lipídica da gema de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente e refrigerados em diferentes períodos.....	85

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, REVISÃO DE LITERATURA E OBJETIVOS .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Características e valor nutritivo do ovo .....	3
2.2. Qualidade do ovo .....	4
2.3. Revestimentos de ovos com bioprodutos.....	6
2.4. Óleo de andiroba.....	8
3. OBJETIVOS.....	10
3.1. OBJETIVO GERAL .....	10
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
4. REFERÊNCIAS .....	11
CAPÍTULO II – PERFIL PRODUTIVO E ECONÔMICO DA CADEIA DA ANDIROBA NO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL.....	21
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
7. CONCLUSÃO .....	34
8. REFERÊNCIAS .....	34
CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE BIOPRODUTO COM NÍVEIS DE ÓLEO DE ANDIROBA E APLICADO EM DIFERENTES MÉTODOS E PERÍODOS NA CONSERVAÇÃO DE OVOS ESTOCADOS EM TEMPERATURA AMBIENTE .....	38
9. MATERIAL E MÉTODOS .....	38
9.1. Aquisição do óleo de andiroba e formulação do bioproduto .....	38
9.2. Ovos, arranjo experimental e aplicação do bioproduto .....	39
9.3. Análises experimentais .....	40
9.3.1. Qualidade física.....	40
9.3.2. Concentrações bacteriológicas .....	40
9.3.3. Composição química e oxidação lipídica da gema .....	41
9.3.4. Análise sensorial .....	41
9.4. Análise estatística .....	42
10. RESULTADOS .....	42
11. DISCUSSÃO.....	50
12. CONCLUSÃO .....	54
13. REFERÊNCIAS .....	54

CAPÍTULO IV - AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ÓLEO DE ÓLEO NA COMPOSIÇÃO DO BIOPRODUTO SOBRE A QUALIDADE DOS OVOS .....	60
14. MATERIAL E MÉTODOS .....	60
14.1. Aquisição do óleo de andiroba e formulação do bioproduto .....	60
14.2. Ovos, arranjo experimental e aplicação do bioproduto.....	61
14.3. Análises experimentais.....	61
14.3.1. Qualidade física .....	61
14.3.2. Concentrações bacteriológicas .....	62
14.3.3. Composição química e oxidação lipídica da gema.....	62
14.3.4. Análise sensorial.....	63
14.4. Análise estatística.....	63
15. RESULTADOS .....	64
16. DISCUSSÃO.....	70
17. CONCLUSÃO .....	72
18. REFERÊNCIAS .....	73
CAPÍTULO V - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE BIOPRODUTO À BASE DE ÓLEO DE ANDIROBA APLICADO EM OVOS ESTOCADOS EM DIFERENTES PERÍODOS E AMBIENTES .....	77
19. MATERIAL E MÉTODOS .....	78
19.1. Aquisição do óleo de andiroba e formulação do bioproduto .....	78
19.2. Ovos, arranjo experimental e aplicação do bioproduto.....	78
19.3. Análises experimentais.....	79
19.3.1. Qualidade física .....	79
19.3.2. Concentrações bacteriológicas .....	79
19.3.3. Composição química e oxidação lipídica da gema.....	80
19.4. Análise estatística.....	81
20. RESULTADOS .....	81
21. DISCUSSÃO.....	86
22. CONCLUSÃO .....	90
23. REFERÊNCIAS .....	90
24. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	97

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, REVISÃO DE LITERATURA E OBJETIVOS

### 1. INTRODUÇÃO

O ovo é considerado um dos alimentos mais completos da dieta humana, especialmente devido sua composição nutricional rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas com excelente valor biológico (Rêgo *et al.*, 2012). Outrora, o ovo se apresenta como um alimento perecível e que começa a perder sua qualidade interna logo após a postura pelas aves (Santos, 2016), com o seu consumo e seus consequentes benefícios nutricionais dependendo diretamente de um conjunto de características que determinam a qualidade do produto e sua aceitabilidade pelo consumidor (Mendes *et al.*, 2014).

Notavelmente, alguns países como Brasil, Reino Unido, Suécia e Espanha não têm leis específicas que exijam o armazenamento de ovos em ambiente refrigerado; eles apenas recomendam que os ovos sejam armazenados preferencialmente em ambiente refrigerado para estender sua vida útil (Berkhoff *et al.* 2020; Pires *et al.* 2020). A produção de ovos nesses países, especialmente para atender à demanda local, tende a armazenar os ovos em condições de temperatura ambiente desde a fase de postura das galinhas até chegarem ao consumidor. Isso se deve principalmente aos custos de armazenamento, que podem se tornar mais caros quando o produtor opta por manter os ovos em ambiente refrigerado o tempo todo (Barbosa *et al.*, 2008; Lana *et al.* 2017). No entanto, isso pode se tornar um problema significativo ao longo dessa cadeia, pois o armazenamento de ovos em temperatura ambiente exige que o processamento e o transporte da granja até o consumidor sejam extremamente rápidos para evitar a perda de qualidade significativa (Rêgo *et al.* 2012; Scatolini-Silva, 2013; Santos, 2016).

Desenvolver estratégias a serem aplicadas no processo de embalagem, estocagem e transporte dos ovos exerce papel fundamental ao conter, conservar e proteger o alimento, mantendo a sua qualidade e segurança, atuando como barreira a contaminações químicas, físicas e microbiológicas, além de garantir mais segurança e qualidade aos consumidores (Sousa *et al.*, 2012). Neste contexto, barreiras para prevenir perdas e as trocas entre o meio interno e externo são necessárias para retardar a velocidade das alterações na qualidade do albúmen e da gema, assim como a perda de peso e, conseqüentemente, aumentar o seu tempo de prateleira (Stadelman, 1995; Pires *et al.*, 2015).

A aplicação de filmes biodegradáveis, também conhecidos como biofilmes, representa uma tecnologia em potencial para revestimento e preservação da qualidade dos ovos (Brasil *et al.*, 2019a). Os biofilmes são preparados a partir de polímeros naturais, tais como, proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares), os

polissacarídeos (amido e seus derivados, pectina, celulose e seus derivados, alginato e carragena) e os lipídios (monoglicéridos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) ou uma combinação dos mesmos (Cuq *et al.*, 1995; Rodrigues *et al.*, 2019).

No cenário Amazônico, existem inúmeros subprodutos derivados de espécies nativas de plantas que apresentam potencial econômico, tecnológico e nutricional, e despertam o interesse científico de pesquisadores de diversas áreas. E dentre estas, destaca-se a árvore de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) que pertence à família Meliaceae, e possui ocorrência frequente em toda a bacia Amazônica, preferencialmente em ambiente de várzea, gerando diversos produtos. É importante salientar que ao longo do desenvolvimento da população na região Amazônica, o óleo de andiroba teve participação de grande relevância na economia regional e continua sendo muito representativo em diversos setores, especialmente na medicina (Ferraz *et al.*, 2002; Clement *et al.*, 2005).

Diante de suas ricas propriedades físico-químicas, o óleo de andiroba apresenta características que o credenciam como potencial ingrediente para compor bioprodutos que atuem na conservação de ovos comerciais, podendo ser utilizado como revestimento, inclusive após a higienização, como uma espécie de “cutícula artificial” e promovendo a manutenção da qualidade dos ovos, assim prolongando o seu tempo de prateleira. De acordo com Biladeau e Keener (2009) e Waimaleongora-Ek *et al.* (2009) a aplicação de revestimentos utilizando bioprodutos à base de óleos tem sido muito eficaz no retardamento da perda de peso do ovo e na preservação da qualidade interna devido à sua hidrofobicidade, boas características de vedação e estabilidade durante armazenamento de longo prazo.

Embora já esteja disponível na literatura resultados que atestem a eficiência de alguns bioprodutos no revestimento de diversos alimentos (Jones *et al.*, 2002; Nongtaodum *et al.*, 2013), estudos relacionados a aplicação da tecnologia de revestimento de ovos com bioprodutos ainda são escassos em relação a quantidade de informações demandadas para possibilitar uma aplicação massiva na indústria avícola (Silva, 2018; Brasil *et al.*, 2019a,b). Desta forma, há necessidade de trabalhos de pesquisa que testem o efeito de bioprodutos a base de diferentes ingredientes com potencial de revestimento de ovos a fim de preservar sua qualidade, além de atestar sua viabilidade produtiva, técnica e econômica.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Características e valor nutritivo do ovo

O ovo é um dos alimentos mais consumidos em todo o mundo por uma grande diversidade de populações, classes sociais e culturas. Essa sua popularidade deve-se especialmente ao fato da sua fácil obtenção, baixo custo, versatilidade e principalmente às suas características nutritivas (Santos *et al.*, 2015). Possui em sua composição níveis elevados de proteínas, de baixo valor calórico e fácil digestão, vitaminas, minerais, ácidos graxos de cadeia insaturada e substâncias antioxidantes essenciais (Pires *et al.*, 2015). Pelo fato de possuir essa composição, o ovo é considerado o alimento mais completo da natureza, depois do leite materno (Lajusticia, 2010; Pires *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2015). Além de fornecer nutrientes bem equilibrados para bebês e adultos, o ovo contém ainda uma diversidade de componentes biologicamente ativos alocados nos seus vários componentes. Deve-se mencionar que a casca do ovo e suas membranas fortemente associadas geralmente não são consumidas, embora as membranas da casca sejam comestíveis (Kovacs-Nolan *et al.*, 2005; Anton *et al.*, 2011; Abeyrathne; Ahn, 2015).

O ovo de galinha tem aproximadamente 9,5% de casca e respectivas membranas, 27,5% de gema e 63% de albúmen (Li-Chan; Kim, 2008). É importante ressaltar que as variações observadas nestes componentes e no peso total do ovo podem variar de acordo com alguns fatores como a linhagem da ave, fase do ciclo de postura, nutrição e de maneira particular, idade da ave dentre outros (Lajusticia, 2010).

O albúmen é composto por uma solução aquosa com 11% de diversas proteínas e minerais (Li-Chan; Kim, 2008; Belitz *et al.*, 2009), e a gema pode ser descrita como uma emulsão com cerca de 50% de água, low density lipoprotein (LDL), lipídios, vitaminas, minerais e pigmentos (Lajusticia, 2010). O albúmen e a gema apresentam em sua composição química cerca de 28% de proteína, 0,7% de carboidratos, 33% de lipídios e 0,8% de minerais (Lana, 2000). O albúmen, isoladamente, é constituído por 88,5% de água e 13,5% de proteínas, vitaminas do complexo B (Riboflavina – B<sub>2</sub>) e traços de gorduras. Quanto às proteínas, apresentam ovalbumina, conalbumina, ovomucóide, ovomucina e lisozima. Vale ressaltar que a ovalbumina e a conalbumina representam 70% do total de proteínas presentes no albúmen e são responsáveis pela gelatinização deste (Griffin, 2016).

No geral, os componentes do ovo são altamente digeríveis, embora uma pequena quantidade de proteínas do ovo não seja assimilada (Evenepoel *et al.*, 1999), especialmente quando o ovo é utilizado como ingrediente *in natura* (Evenepoel *et al.*, 1998; Evenepoel *et al.*, 1999; Ramalho *et al.*, 2006). A maior digestibilidade das proteínas do ovo cozido resulta da

desnaturação estrutural da proteína induzida pelo aquecimento, facilitando a ação hidrolítica das enzimas digestivas. No entanto, embora a assimilação da proteína do ovo seja facilitada pelo pré-tratamento térmico e em alto nível (91-94% para proteínas do albúmen do ovo cozida), ela permanece parcialmente incompleta. É digno de nota que as principais proteínas, essencialmente as proteínas do albúmen, como o inibidor de proteinase ovomucoide, e a principal ovoalbumina do albúmen, resistem ao aquecimento térmico (Van Der Plancken *et al.*, 2004; Stanciuc *et al.*, 2018).

Esta observação é particularmente interessante, sabendo que as proteínas derivadas do ovo e muitos peptídeos hidrolíticos gerados *in vitro* a partir da digestão limitada das proteínas do albúmen possuem atividades biológicas de interesse para a saúde humana e podem, portanto, ser usados como nutracêuticos (Kovacs-Nolan *et al.*, 2005). De fato, vários deles demonstraram exibir propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anticancerígenas (Giansanti *et al.*, 2005; Hernandez-Ledesma; Hsieh, 2017; Liao *et al.*, 2018). Assim, muitos autores destacaram a importância dos peptídeos derivados de proteínas no intestino e seu papel substancial na primeira linha de defesa imunológica do corpo, regulação imunológica e funcionamento normal do corpo (Dave *et al.*, 2018).

## **2.2. Qualidade do ovo**

A qualidade dos ovos pode ser definida como as propriedades de todo o alimento que influenciam a sua aceitação ou rejeição pelo consumidor. Este é um termo geral que abrange diversos padrões relacionados a qualidade interna e externa (Nardone; Valfrè, 1999; Borguini *et al.*, 2003). Segundo Coutts e Graham (2007), para os ovos, a qualidade interna está relacionada com a viscosidade e transparência do albúmen; na forma e resistência da gema, assim como à câmara de ar, enquanto a qualidade externa está relacionada com a higiene, textura e forma da casca. Silversides (1994) comenta ainda que a avaliação da qualidade dos ovos é feita para descrever as diferenças entre ovos frescos produzidos por aves submetidas a diferentes tratamentos ambientais, nutricionais e de diferente genética, ou então para relatar queda de qualidade dos ovos com diferenças nas condições ou tempo de armazenamento.

Para o consumidor, a qualidade relaciona-se geralmente ao prazo de validade e as características sensoriais, como a cor da gema e da casca (Alleoni; Antunes, 2001). Para os produtores, a qualidade está relacionada com o percentual de ovos quebrados e sujos, tamanho, peso e massa do ovo, espessura da casca, ausência de defeitos e manchas de sangue. Já para a indústria, a qualidade está relacionada principalmente com a facilidade de retirar a casca e separar os componentes do ovo (Seibel, 2005; Santos, 2018).

O conhecimento dessas propriedades e dos valores considerados padrão para o albúmen, gema e casca é de extrema importância para a interpretação de possíveis alterações que ocorrem durante o armazenamento, pasteurização, desidratação e congelamento (Scott; Silversides, 2000; Seibel, 2005). Quaisquer alterações dos componentes do ovo podem refletir numa perda de sua funcionalidade (Llobet *et al.*, 1989; Carvalho *et al.*, 2007). Os problemas relacionados com a qualidade são causas de significativas perdas econômicas e problemas de saúde pública, por isso é fundamental o estudo dos fatores que são responsáveis pela diminuição da qualidade interna do ovo, bem como da sua casca (Gole *et al.*, 2012; Gole *et al.*, 2014). Desta maneira são pré-determinados parâmetros de qualidade nos mais diferentes aspectos como: parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Rufino *et al.*, 2015).

Apesar das barreiras de defesa do próprio ovo, medidas devem ser adotadas com o intuito de diminuir a contaminação do alimento, uma vez que a queda na qualidade do ovo começa no momento da postura e se prolonga rapidamente se não houver técnicas adequadas para armazenamento e conservação (Pires *et al.*, 2015). O ovo está exposto a uma série de fatores que implicam na sua contaminação, envolvendo desde os funcionários, equipamentos, instalações, manejo até a própria ave (Menezes *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2015).

A partir desses fatores, questões como controle de qualidade de casca, processo de lavagem e desinfecção, armazenamento, classificação e controle sanitário devem ser considerados para obtenção de um alimento seguro (Rodrigues; Salay, 2001; Souza-Soares; Siewerdt, 2005). Ovos de baixa qualidade tendem a apresentar elevada contaminação na casca e, após a quebra, fornecem cenário ideal para a proliferação de microrganismos (Rodrigues; Salay, 2001; Souza-Soares; Siewerdt, 2005; Stringhini *et al.*, 2009).

A nutrição das aves, a idade das aves e a casca dos ovos estão relacionadas entre si e podem alterar a avaliação de qualidade (Solomon, 1997; Stadelman; Cotterill, 1997; Anderson *et al.*, 2004; Rutz, 2007; Oliveira; Oliveira, 2013). Em relação aos fatores intrínsecos às aves, sabe-se que a qualidade dos ovos diminui com o avançar de idade das poedeiras, onde a partir da 72ª semana tanto a produção de ovos como a qualidade começam a declinar (Solomon, 1997; Stadelman; Cotterill, 1997). Nesse cenário, os ovos aumentam de tamanho e peso e a espessura da casca diminui, com tais fatores ocorrendo devido ao menor depósito de cálcio na casca, visto que aves mais velhas necessitam de um maior aporte de cálcio, o que acaba comprometendo e aumentando as chances de ovos trincados e rachados (Lana *et al.*, 2008. Oliveira; Oliveira, 2013). Variáveis como Unidade Haugh, índice de gema e altura de albúmen também diminuem de acordo com a idade das aves, pois as sequências de postura tornam-se mais curtas, aumentando o intervalo entre ovulações, com esta redução na taxa de postura sendo

acompanhada do aumento no tamanho do ovo, pois a mesma quantidade de gema proveniente da síntese hepática é depositada em um número cada vez menor de folículos devido a menor capacidade das aves velhas de transferir lipídeos para a gema (Vieira; Bertechini, 2001; Van Den Brand *et al.*, 2004; Lopes *et al.*, 2011; Pissinati *et al.*, 2014; Garcia *et al.*, 2015).

### **2.3. Revestimentos de ovos com bioprodutos**

Embora os ovos sejam majoritariamente estéreis em sua parte interna, as cascas são contaminadas por diversos fatores externos como fezes, ninho, manejo inadequado e embalagem (Franco *et al.*, 2008). A facilidade dessa contaminação tem relação, a princípio, com a má formação da cutícula de cera que reveste a casca dos ovos. Essa relação foi observada em um estudo realizado por Bain *et al.* (2013), demonstrando contaminação microbiana de ovos com menor deposição de cutícula. Existem outros mecanismos de defesa que atuam como barreiras contra patógenos e deteriorantes, como o albúmen, cuja viscosidade dificulta a invasão de bactérias que ultrapassam a barreira da casca (Svobodová; Tůmová, 2014). Há também fatores químicos que contribuem nesse mecanismo, como a presença da lisozima (muramidase) no albúmen que destrói a parede celular das bactérias Gram-positivas não desejadas (Medeiros; Alves, 2014).

Fungos e bactérias são os principais responsáveis pela deterioração, patogênese e alterações físico-químicas dos ovos de poedeiras após o momento da postura, ou durante a rota transovariana (transmissão vertical), onde a estrutura interna do ovo é diretamente contaminada em virtude de infecções bacterianas nos órgãos reprodutivos das poedeiras (Messens *et al.*, 2005). Outro fator que também afeta a constituição da microbiota do ovo são as práticas de processamento, como a pasteurização, cuja variação de temperatura e pressão negativa podem facilitar a entrada de bactérias através da cutícula e da superfície porosa da casca (Jones *et al.*, 2010).

De acordo com Stringhini *et al.* (2009), no processo de higienização a cutícula pode ser removida, o que deixa os ovos ainda mais expostos à troca de gases e umidade, além de facilitar à entrada de microrganismos que possam acelerar o processo de deterioração. Porém, outros pesquisadores como Llobet *et al.* (1989) e Lima *et al.* (2018) afirmaram que a higienização influencia positivamente à aceitação do produto pelo consumidor, uma vez que melhora a aparência para comercialização, por questão de aspecto visual, além de diminuir a probabilidade de contaminação e ameaça à segurança alimentar.

O uso de tecnologias para aumentar a vida útil dos ovos possui grande importância. Segundo Lopes (2012), o período de validade dos ovos pode se prolongar por até 25 dias quando

utilizada a refrigeração, entretanto, segundo Gallo (2015) os ovos “*in natura*” comercializados no Brasil são desprovidos de refrigeração, sendo os mesmos acondicionados em temperatura ambiente até chegar na casa do consumidor (Lana *et al.*, 2017). A legislação brasileira recomenda que os ovos tenham um período de validade de no máximo 30 dias, e com temperaturas de armazenagem de 4 a 12 °C (Brasil, 1990; 1997). Entretanto, tal tecnologia não é assegurada por lei e não ocorre devido aos altos custos envolvidos (Freitas *et al.*, 2011). Também é importante ressaltar que os ovos uma vez refrigerados devem ser mantidos assim até seu consumo, uma vez que é mais prejudicial romper a cadeia do frio durante a estocagem do que mantê-los em temperatura ambiente (Efsa, 2009).

Com o intuito de prolongar o tempo de prateleira dos ovos podem-se criar barreiras para evitar perdas e as trocas entre o meio interno e externo, visto que durante o armazenamento há perda de umidade e dióxido de carbono via poros da casca, causando alterações na qualidade do conteúdo interno dos ovos, bem como a perda de peso destes (Stadelman, 1995). E dentre as possíveis barreiras, o uso de bioprodutos tem se mostrado uma alternativa eficiente na conservação dos ovos, justamente por possibilitarem o prolongamento da manutenção de suas características (Fakhouri *et al.*, 2007; Brasil *et al.*, 2019a,b).

Neste sentido, Fonseca *et al.* (2018) pesquisaram o efeito de diferentes matérias-primas (solução de quitosana, solução de carboximetilcelulose 0,1% e emulsão de cera de carnaúba) comumente utilizadas para revestir alimentos, para o revestimento e manutenção da qualidade de ovos comerciais. Os autores verificaram que a aplicação de carnaúba como revestimento demonstrou grande potencial de uso para ampliar a qualidade dos ovos comerciais, pois selaram totalmente os poros e conseqüentemente observaram uma redução na perda de massa de ovos. Ryu *et al.* (2011) avaliando diferentes tipos de óleo como revestimentos de casca de ovos de galinha, observaram que o óleo mineral e as seis fontes de óleo vegetal estudados (canola, milho, uva, oliva, soja e girassol) possibilitaram uma proteção contra a perda de umidade e CO<sub>2</sub> através da casca, minimizando a perda de peso dos ovos.

Diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas avaliando técnicas e bioprodutos que possam atuar justamente nesse prolongamento do tempo de prateleira dos ovos. Dentre essas técnicas, os tratamentos superficiais da casca, como o uso de revestimentos, têm se mostrado eficientes como “cutículas artificiais”, diminuindo as trocas gasosas através da casca e mantendo as características naturais de qualidade do ovo por um maior tempo (Fakhouri *et al.*, 2007; Akpınar *et al.*, 2015; Brasil *et al.*, 2019b). Resultados satisfatórios na manutenção da qualidade externa e interna dos ovos foram verificados quando se utilizou bioprodutos a base de soro de leite (Almeida *et al.*, 2016), própolis (Copur *et al.*, 2008; Aygun *et al.*, 2012), óleo

de amendoim, óleo de semente de algodão, óleo de coco, óleo de soja, óleo de canola, óleo de milho, óleo de semente de uva, óleo de oliva e óleo de girassol (Obanu; Mpieri, 1984; Wardy *et al.*, 2010; Ryu *et al.*, 2011).

#### 2.4. Óleo de andiroba

O gênero *Carapa*, pertence à família das Meliaceae, apresenta o mesmo nome vulgar “andiroba” para as três espécies botânicas: *Carapa surinamensis* Miq, *C. vasquezii* Kenfack e *C. guianensis* Aubl (Mendonça *et al.*, 2020). Estas espécies estão distribuídas por todo o norte da América do Sul, América Central, Antilhas, África Tropical e, particularmente no Brasil, abrange toda a Bacia Amazônica (Neves *et al.*, 2004). O óleo extraído de suas sementes é bastante utilizado na indústria de cosmético e fitoterápico podendo ainda ser utilizado para produção de biodiesel (Mendonça; Ferraz, 2007; Kenfack, 2011; Mendonça *et al.*, 2020).

No geral, as sementes de andiroba possuem aproximadamente 60% de sua massa em óleo que apresenta, através de sua composição bioquímica, propriedades antibacterianas, antioxidantes, antiparasitárias, antissépticas, antivirais, emolientes e inseticidas em destaque (Carvalho *et al.*, 2019). Entretanto, a quantidade de óleo extraível das sementes de andiroba varia, de acordo com a espécie, fatores genéticos, ambientais e ainda pelo método de extração adotado (Mendonça; Ferraz, 2007; Pantoja, 2007; Queiroz, 2007; Mendonça *et al.*, 2020). Em escala experimental a *C. surinamensis* mostrou maior rendimento de óleo (cerca de 8 kg de sementes/litro de óleo) do que *C. guianensis* (cerca de 11 kg/L) pelo método artesanal (Mendonça; Ferraz, 2007). Enquanto, no processo de extração por prensa hidráulica foram necessários 2,7 kg de sementes *C. surinamensis* e 3 kg da *C. guianensis* para obter 1 litro de óleo (Mendonça, 2015; Mendonça *et al.*, 2020). Porém, embora o óleo extraído das sementes da andirobeira tenha tantas finalidades, gera pouca renda para as comunidades extratoras, devido a fatores como cadeia produtiva bastante simplificada, falta de conhecimento do mercado consumidor, dificuldades para organizar associação comunitária e produção sazonal, que dificulta a oferta regular do produto (Santos; Guerra, 2010).

O óleo de andiroba tem características peculiares, que desperta o interesse para pesquisas em diversas aplicações de forma *in natura* (Silva, 2018). Diante dessas propriedades, este óleo apresenta-se como um potencial ingrediente para compor bioprodutos a serem utilizados para o revestimento de ovos a fim de preservar suas características físico-químicas por maior período de tempo. E apesar de ser um produto tipicamente amazônico, também tem sido comercializado para outras regiões do país, além de ser exportado, principalmente para indústria de cosméticos, para a França, Alemanha e Estados Unidos (Gonçalves, 2001;

Mendonça; Ferraz, 2007). Este óleo e seus subprodutos são geralmente encontrados em feiras e apresentam grande diversidade de propriedades físico-químicas, tais como potencial antioxidante, antimicrobiano e insetífugo semelhantes a óleos minerais, vegetais ou gorduras animais (Ferraz *et al.*, 2002; Mendonça; Ferraz, 2007).

Quimicamente o óleo da andiroba é constituído principalmente por material saponificável, com destaque para os ácidos graxos oleico, palmítico, mirístico e linoleico, além de componentes não graxos como triterpenos, taninos e alcaloides (Taylor, 1984). Entretanto, são justamente seus componentes não graxos que são diretamente responsáveis por suas inúmeras aplicações na bioindústria. Análises químicas do óleo de andiroba identificaram que as propriedades antimicrobianas, antioxidantes, insetífugas dentre outras são atribuídas justamente à presença destas moléculas, especialmente os limonóides (Duke, 1985; Miranda *et al.*, 2012).

De forma destacada os limonóides são classificados como tetranortriterpenóides e compõem aproximadamente de 2 a 5% do óleo de andiroba (Silva *et al.*, 2012). Estudos prévios identificaram no óleo extraído das amêndoas de árvores de andiroba os limonóides andirobina, 6 $\alpha$ -acetoxigedunina, 7-desace-toxi-7-oxogedunina, 7-desacetilgedunina, 6 $\alpha$ -acetoxi-7-desacetilgedunina, dentre outras moléculas secundárias (ácido 16, 17-seco-24-nor-5 $\alpha$ , 13 $\alpha$ , 14 $\beta$ , 17 $\alpha$ -chola-1, 20, 22-trien-16-oico, 14, 15 $\beta$ :21, 23-diepoxi-6 $\alpha$ , 7 $\alpha$ , 17-tri-hidroxi-4, 4, 8-trimetil-3-oxo-, 16, 17-lactona, 6-acetato) (Silva *et al.*, 2009; Tan; Luo, 2011; Miranda *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2012).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar o desenvolvimento de um bioproduto à base de óleo de andiroba como agente anti-microbiano e fator de conservação para ovos comerciais.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar o perfil produtivo e econômico da cadeia da andiroba no estado do Amazonas (Brasil);
2. Examinar os efeitos de diferentes níveis de óleo de andiroba na formulação do bioproduto a ser utilizado como agente anti-microbiano e fator de conservação para ovos comerciais;
3. Investigar os efeitos de diferentes métodos e tempos de aplicação do bioproduto à base de óleo de andiroba a ser utilizado como agente anti-microbiano e fator de conservação para ovos comerciais;
4. Mensurar os efeitos do uso ou não do bioproduto à base de óleo de andiroba a ser utilizado como agente anti-microbiano e fator de conservação em ovos armazenados em temperatura ambiente ou ambiente refrigerado por diferentes períodos.

#### 4. REFERÊNCIAS

- ABEYRATHNE, E.; AHN, D.U. **Isolation of value-added components from egg white and their potential uses in food, nutraceutical and pharmaceutical industries.** *In*: WATSON, R.R.; DEMEESTER, F. (Eds.). *Handbook of Eggs in Human Function*. Wageningen Acad Publ: Wageningen, The Netherlands, p. 35-52, 2015.
- AKPINAR, G.C.; CANOGULLARI, S.; BAYLAN, M.; ALASAHAN, S.; AYGUN, A. The use of propolis extract for the storage of quail eggs. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, p. 427-435, 2015. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv043>
- ALLEONI, A.C.C.; ANTUNES, A.J. **Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração.** Campinas: FEA/UNICAMP, 2001.
- ALMEIDA, D.S.; SCHNEIDER, A.F.; YURI, F.M.; MACHADO, B.D.; GEWEHR, C.E. Egg shell treatment methods effect on commercial eggs quality. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 336-341, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140904>
- ANDERSON, K.E.; THARRINGTON, P.A.; CURTIS, P.A.; JONES, F.T. Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens and relationship of egg shape to shell strength. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 1, p. 17-19, 2004. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.17.19>
- ANTON, M.; NAU, F.; GUERIN-DUBIARD, C. **Bioactive fractions of eggs for human and animal health.** *In*: VanIMMERSEEL, F.; NYS, Y.; BAIN, M. (Eds.). *Improving the safety and quality of eggs and egg products*, v. 2: Egg Safety and Nutritional Quality. Woodhead Publ Ltd.: Cambridge, UK, p. 321-345, 2011.
- AYGUN, A.; SERT, D.; COPUR, G. Effects of propolis on eggshell microbial activity, hatchability, and chick performance in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. **Poultry Science**, v. 91, p. 1018-1025, 2012. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01944>
- BAIN, M.N.; MCDADE, K.; BURCHMORE, R.; LAW, A.; WILSON, P.W.; SCHMUTZ, M.; PREISINGER, R.; DUNN, I.C. Enhancing the egg's natural defense against bacterial penetration by increasing cuticle deposition. **Animal Genetics**, v. 44, n. 6, p. 661-668, 2013. <https://doi.org/10.1111/age.12071>
- BARBOSA, N.A.A.; SAKOMURA, N.K.; MENDONÇA, M.O.; FREITAS, E.R.; FERNANDES, J.B.K. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. **ARS Veterinária**, v. 24, n. 2, p. 127-133, 2008.
- BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Eggs.** *In*: *Food Chemistry*. 4<sup>th</sup> ed. Garching: Springer, 2009.

- BERKHOFF, J.; ALVARADO-GILIS, C.; KEIM, J.P.; ALCALDE, J.A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; GANDARILLAS, M. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. **Poultry Science**, v. 99, p. 6239-6246, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>.
- BILADEAU, A.M.; KEENER, K.M. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. **Poultry Science**, v. 88, p. 1266-1274, 2009. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>
- BORGUINI, R.G.; SILVA, M.V.; OET TERER, M. Qualidade nutricional de hortaliças orgânicas. **Boletim da SBCTA**, v. 37, n. 1, p. 28-35, 2003.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 1, de 21 de fevereiro de 1990. **Aprovar as Normas Gerais de Inspeção de Ovos e Derivados, propostas pela Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 fev. 1990. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/arquivos/Portaria11990ovos.pdf/view>. Acesso em: 04 de jul de 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. **Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 1952. Atualizado em 1997. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq.../RegulamentaoInspecaoIndustrial.pdf>. Acesso em: 27 de fev de 2020.
- BRASIL, R.J.M.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; MELO, R.D. Tecnologia de revestimento de ovos para manutenção da qualidade e aumento do tempo de prateleira. **Revista Científica de Avicultura e Suinocultura**, v. 5, n. 2, p. 041-053, 2019a.
- BRASIL, R.J.M.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; FREITAS, B.K.M.; VIANA FILHO, G.B. Physical-chemical and sensorial quality of eggs coated with copaiba oil biofilm and stored at room temperature for different periods. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 4, p. 001-006, 2019b. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0930>
- CARVALHO, F.B.; STRINGHINI, J.H.; JARDIM FILHO, R.M.; LEANDRO, N.S.M.; CAFÉ, M.B.; DEUS, H.A.S.B. Qualidade interna e de casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 25-29, 2007. <https://doi.org/10.5216/cab.v8i1.1155>
- CARVALHO, S.B.A.; CARVALHO, C.C.; SIRQUEIRA, B.P.C.; SILVA, R.A.; NYLANDER, B.V.R.; BARROS, C.A.V. Estudo em bases de patentes sobre a andiroba e suas propriedades anti-inflamatórias. **Pará Research Medical Journal**, v. 3, b. 2, p. e19, 2019. <https://doi.org/10.4322/prmj.2019.019>

- CLEMENT, C.R.; LLERAS, P.E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais do Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, p. 67-71, 2005.
- COPUR, G.; CAMCI, O.; SAHINLER, N.; GUL, A. The effect of propolis egg shell coatings on interior egg quality. **Archiv fur Geflugelkunde**, v. 72, p. 35-40, 2008.
- COUTTS, J.A.; GRAHAM, C.W. **Optimum egg quality-A practical approach**. Sheffield: 5M Publishing, 2007.
- CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible film and coating as active layers. *In*: ROONEY, M.L. (ed.) **Active food packaging**. London: Blackie Academic & Professional, p. 111-142, 1995.
- DAVE, L.A.; HAYES, M.; MONTOYA, C.A.; RUTHERFURD, S.M.; MOUGHAN, P.J. Human gut endogenous proteins as a potential source of angiotensin-I-converting enzyme (ACE-I)-, renin inhibitory and antioxidant peptides. **Peptides**, v. 76, p. 30-44, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2015.11.003>
- DUKE, J.A. **Handbook of medicinal herbs**. Boca Raton: CRC. Press, Inc., 1985.
- EFSA. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Special measures to reduce the risk for consumers through Salmonella in table eggs – egg. cooling of table eggs. **EFSA Journal**, v. 957, p. 1-29, 2009.
- EVENEPOEL, P.; GEYPENS, B.; LUYPARTS, A.; HIELE, M.; GHOOS, Y.; RUTGEERTS, P. Digestibility of cooked and raw egg protein in humans as assessed by stable isotope techniques. **Journal of Nutrition**, v. 128, p. 1716-1722, 1998. <https://doi.org/10.1093/jn/128.10.1716>
- EVENEPOEL, P.; CLAUS, D.; GEYPENS, B.; HIELE, M.; GEBOES, K.; RUTGEERTS, P.; GHOOS, Y. Amount and fate of egg protein escaping assimilation in the small intestine of humans. **American Journal of Physiology**, v. 277, p. 935-943, 1999. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.1999.277.5.g935>
- FAKHOURI, F.M.; FONTES, L.C.B.; GONÇALVES, P.V.M.; MILANEZ, C.R.; STEEL, C.J.; COLLARES-QUEIROZ, F.P.C. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Food Science & Technology (Campinas)**, v. 27, n. 2, p. 369-375, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200027>
- FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D.C.): Aspectos botânicos, ecológicos e

tecnológicos. **Acta Amazonica**, v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002. <https://doi.org/1809-43922002324661>

FONSECA, F.N.; MAZZUCO, H.; RIGO, P.P. Caracterização microestrutural e físico-química de ovos comerciais revestidos com diferentes matérias-primas. *In: XVI Congresso APA - Produção e Comercialização de Ovos*, 16, 2018, Ribeirão Preto-SP. **Anais...** Ribeirão preto: APA, 2018.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M.; DESTRO, M.T. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

FREITAS, L.W.; PAZ, I.C.L.A.; GARCIA, R.G.; CALDARA, F.R.; SENO, L.O.; FELIX, G.A.; LIMA, N.D.S.; FERREIRA, V.M.O.S.; CAVICHIOLO, F. Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 11, p. 66-72, 2011.

GALLO, L.R.R. **Gel de chia: vida de prateleira e substituição de ovo**. 2015. 62f. Dissertação (Mestrado em Nutrição humana) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2015.

GARCIA, E.R.M.; CRUZ, F.K.; SOUZA, R.P.P.; FELICIANO, W.B.; ÁVILA, L.R.; ROHOD, R.V. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras alimentadas com semente de urucum. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 18, n. 1, p. 17-20, 2015. <https://doi.org/10.25110/arqvet.v18i1.5364>

GIANSANTI, F.; MASSUCCI, M.T.; GIARDI, M.F.; NOZZA, F.; PULSINELLI, E.; NICOLINI, C.; BOTTI, D.; ANTONINI, G. Antiviral activity of ovo transferrin derived peptides. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 331, p. 69-73, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.03.125>

GOLE, V.C.; CHOUSALKAR, K.K.; ROBERTS, J.R. Prevalence of antibodies to *Mycoplasma synoviae* in laying hens and possible effects on egg shell quality. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 106, n. 1, p. 75-78, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.02.018>

GOLE, V.C.; CARAGUEL, C.G.B.; SEXTON, M.; FOWLER, C.; CHOUSALKAR, K.K. Shedding of *Salmonella* in single age caged commercial layer flock at an early stage of lay. **International Journal of Food Microbiology**, v. 189, p. 61-66, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.030>

GONÇALVES, V.A. **Levantamento de mercado de produtos florestais não-madeireiros**. Santarém: IBAMA-PróManejo, 2001. 65p.

GRIFFIN, B.A. Eggs: good or bad? **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 75, n. 3, p. 259-266, 2016.

- HERNANDEZ-LEDESMA, B.; HSIEH, C.C. Chemopreventive role of food-derived proteins and peptides: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 2358-2376, 2017. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1057632>
- JONES, D.R.; THARRINGTON, J.B.; CURTIS, P.A.; ANDERSON, K.E.; KEENER, K.M.; JONES, F.T. Effects of cryogenic cooling of shell eggs on egg quality. **Poultry Science**, v. 81, n. 5, p. 727-733, 2002. <https://doi.org/10.1093/ps/81.5.727>
- JONES, D.R.; MUSGROVE, M.T.; ANDERSON, K.E.; THESMARET, H.S. Physical quality and composition of retail shell eggs. **Poultry Science**, v. 89, n. 3, p. 582-587, 2010. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00315>
- KENFACK, D. Resurrection in *Carapa* (Meliaceae): A reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 165, n. 2, p. 186-221, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2010.01104.x>
- KOVACS-NOLAN, J.; PHILLIPS, M.; MINE, Y. Advances in the value of eggs and egg components for human health. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 8421-8431, 2005. <https://doi.org/10.1021/jf050964f>
- LAJUSTICIA, A.C. El huevo de gallina. In: LLOBET, J.A. (ed.). **Producción de Huevos**. Barcelona: Real Escuela de Avicultura, 2010.
- LANA, R.B.Q. **Avicultura**. Recife: Rural Ltda, 2000.
- LANA, S.R.V.; LANA, G.R.Q.; SALVADOR, E.L.; LANA, A.M.Q.; CUNHA, F.S.A.; MARINHO, A.L. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 1, p. 140-151, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000100013>
- LIAO, W.; FAN, H.B.; WU, J.P. Egg white-derived antihypertensive peptide IRW (Ile-Arg-Trp) inhibits angiotensin II-stimulated migration of vascular smooth muscle cells via angiotensin Type I receptor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, p. 5133-5138, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00483>
- LI-CHAN, E.C.; KIM, H.O. Structure and chemical compositions of eggs. In: MINE, Y. (ed.). **Egg Bioscience and Biotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- LIMA, W.K.S.; BARROS, L.S.S.; SILVA, R.M.; DEUS, T.B.; LIMA, D.V.; SILVA, A.S. Hygienic and sanitary conditions of eggs commercialized in town fairs and markets. **Food and Nutrition Sciences**, v. 9, n. 7, p. 855-867, 2018. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2018.97064>

- LLOBET, J.A.C.; PONTES, M.P.; GONZALEZ, F.F. Factores que afectan a la calidad del huevo. *In*: LLOBET, J.A.C.; PONTES, M.P.; GONZALEZ, F.F. (eds.). **Producción de Huevos**. Barcelona, ESP: Tecnograf S.A., p. 255-274, 1989.
- LOPES, I.R.V.; FREITAS, E.R.; LIMA, J.R.; VIANA NETO, J.L.; BEZERRA, R.M.; LIMA, R.C. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo farelo de coco tratado ou não com antioxidante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2431-2438, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001100021>
- LOPES, L.L.R.A.; SILVA, Y.L.; NUNES, R.V.; TAKAHASHI, S.E.; MORI, C. Influência no tempo e das condições de armazenamento na qualidade de ovos comerciais. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 9, n. 18, p. 1-15, 2012.
- MEDEIROS, F.M.; ALVES, M.G.M. Qualidade de ovos comerciais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 257, n. 11, p. 3515-3524, 2014.
- MENDES, F.R.; LEANDRO, N.S.M.; ANDRADE, M.A.; CAFÉ, M.B.; SANTANA, E.S.; STRINGHINI, J.H. Qualidade bacteriológica de ovos contaminados com *Pseudomonas aeruginosa* e armazenados em temperatura ambiente ou refrigerados. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 4, p. 444-450, 2014. <https://doi.org/10.1590/cab.v15i4.31244>
- MENDONÇA, A.P.; FERRAZ, I.D.K. Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 3, p. 353-364, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300006>
- MENDONÇA, A.P. **Secagem e extração do óleo das sementes de andiroba (*Carapa surinamensis* Miq. e *Carapa guianensis* Aubl.)**. (Tese de doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.
- MENDONÇA, A.P.; ALMEIDA, F.A.C.; OLIVEIRA, A.S.; ROSA, J.C.; ARAÚJO, M.E.R.; SAMPAIO, P.T.B. Extração de óleo de andiroba por prensa: rendimento e qualidade de óleo de sementes submetidas a diferentes teores de água e temperaturas de secagem. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, p. e2995, 2020. <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v48n125.09>
- MENEZES, P.C.; LIMA, E.R.; MEDEIROS, J.P.; OLIVEIRA, W.N.K.; EVÊNCIO-NETO, J. Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 9, p. 2064-2069, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000900014>
- MESSENS, W.; GRIJSPEERDT, K.; HERMAN, L. Eggshell penetration by *Salmonella*: A review. **World's Poultry Science Journal**, v. 61, p. 71-85, 2005. <https://doi.org/10.1079/WPS200443>

- MIRANDA JUNIOR, R.N.C.; DOLABELA, M.F.; SILVA, M.N.; PÓVOA, M.M.; MAIA, J.G.S. Antiplasmodial activity of the andiroba (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) oil and its limonoid – rich fraction. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 142, p. 679-683, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.05.037>
- NARDONE, A.; VALFRÈ, F. Effects of changing production methods on quality of meat, milk and eggs. **Livestock Production Science**, v. 59, n. 2-3, p. 165-182, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00025-1)
- NEVES, O.S.C.; BENEDITO, D.S.; MACHADO, R.V.; CARVALHO, J.G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Sociedade de Investigações Florestais**, v. 28, n. 3, p. 343-349, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000300004>
- NONGTAODUM, S.; JANGCHUD, A.; JANGCHUD, K.; DHAMVITHEE, P.; KYOON, H.; PRINYAWIWATKUL, W. Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 2, p. 5329-5335, 2013. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12035>
- OBANU, Z.A.; MPIERI, A.A. Efficiency of dietary vegetable oils in preserving the quality of shell eggs under ambient tropical conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, p. 1311-1317, 1984. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740351207>
- OLIVEIRA, B.L.; OLIVEIRA, D.D. **Qualidade e tecnologia de ovos**. Lavras: UFLA, 2013.
- PANTOJA, T.F. **Descrição morfológica e análise da variabilidade genética para caracteres de frutos, sementes e processo germinativo associado à produtividade de óleo em matrizes de *Carapa guianensis* Aublet., uma Meliaceae da Amazônia**. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- PIRES, M.F.; PERES, S.F.; ANDRADE, C.L.; CARVALHO, D.P.; BARBOSA, A.F.C.; MARQUES, M.R. Fatores que afetam a qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Eletrônica NutriTime**, v. 12, n. 6, p. 4379-4385, 2015.
- PIRES, P.G.S.; PIRES, P.D.S.; CARDINAL, K.M.; BAVARESCO, C. The use of coatings in eggs: a systematic review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 106, p. 312-321, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.019>
- PISSINATI, A.; OBA, A.; YAMASHITA, F.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; ROMAN, J.M.M. Qualidade interna de ovos submetidos a diferentes tipos de revestimento e armazenados por 35 dias a 25 °C. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 531-540, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p531>

- QUEIROZ, J.A.L.D. **Guia prático de manejo florestal para produção de frutos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e outros produtos de valor econômico no estado do Amapá: a floresta pode dar bons frutos**. Macapá: IEPA, 2007.
- RAMALHO, H.M.; SANTOS, V.V.; MEDEIROS, V.P.; SILVA, K.H.; DIMENSTEIN, R. Effect of thermal processing on retinol levels of free-range and caged hen eggs. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 57, p. 244-248, 2006. <https://doi.org/10.1080/02656730600836469>
- RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 3, p.735-742, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000300027>
- RODRIGUES, K.R.M; SALAY, E. Atitudes de granjeiros, atacadistas, varejistas e consumidores em relação à qualidade sanitária do ovo de galinha *in natura*. **Revista de Nutrição**, v. 38, n. 3, p. 185-193, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732001000300004>
- RODRIGUES, J.C.; OLIVEIRA, G.S.; SANTOS, V.M. Manejo, processamento e tecnologia de ovos para consumo. **Nutritime**, v. 16, n. 2, p. 8400-8418, 2019.
- RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; PEREIRA, P.A.M.; FARIAS, E.G.; MELO, T.T.; MELO, J.B.S. Fontes de lipídios sobre a qualidade do ovo de poedeiras comerciais leves em clima tropical úmido. **Avicultura Industrial**, v. 106, p. 60-63, 2015.
- RUTZ, F.; ANCIUTI, M.A.; XAVIER, E.G.; ROLL, V.F.B.; ROSSI, P. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 3, p. 307-317, 2007.
- RYU, K.N.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W. Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 325-329, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02177.x>
- SANTOS, A.J.; GUERRA, F.G.P.Q. Aspectos econômicos da cadeia produtiva dos óleos de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) na floresta nacional do Tapajós – Pará. **Revista Floresta**, v. 40, n. 1, p. 23-28, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/RF.V40I1.17095>
- SANTOS, F.F.; BRANDAO, M.D.M.; PEREIRA, V.L.A. Aspectos relacionados ao armazenamento de ovos comerciais. **Avicultura Industrial**, v. 11, p. 92-99, 2015.
- SANTOS, J.S.; MACIEL, L.G.; SEIXA, V.N.C.; ARAÚJO, J.A. Parâmetros avaliativos da qualidade física de ovos de codornas (*Coturnix coturnix japonica*) em função das características

de armazenamento. **Revista Desafios**, v. 03, n. 01, 2016. <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2016v3n1p54>

SANTOS, H.O. Atualização do impacto do consumo de ovos de galinha inteiros no perfil lipídico: até que ponto são impactantes? **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 110, n. 6, p. 585-587, 2018. <https://doi.org/10.5935/abc.20180092>

SCATOLINI-SILVA, A.M.; BORBA, H.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; SOUZA, P.A.; BOIAGO, M.M.; MELLO, J.L.M.; VAZ, A.B.S. Qualidade física de ovos armazenados em diferentes condições de embalagens sob temperatura ambiente. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 238, p. 247-254, 2013. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922013000200010>

SCOTT, T.A.; SILVERSIDES, F.G. The effect of storage and strain of hen on egg quality. **Poultry Science**, v. 79, p. 1725-1729, 2000. <https://doi.org/10.1093/ps/79.12.1725>

SEIBEL, N.F. Transformações bioquímicas durante o processamento do ovo. *In*: SOUZA-SOARES, L.A.; SIEWERDT, F. **Aves e ovos**. Pelotas: UFPEL, p. 77-90, 2005.

SILVA, V.P.; OLIVEIRA, R.R.; FIGUEIREDO, M.R. Isolation of limonoids from seeds of *Carapa guianenses* Aublet. (Meliaceae) by high-speed counter current chromatography. **Phytochemical Analysis**, v. 20, n. 1, p.77-81, 2009. <https://doi.org/10.1002/pca.1100>

SILVA, S.G.; NUNOMURA, R.C.S.; NUNOMURA, S.M. Limonoides isolados dos frutos de *Carapa guianensis* Aublet (Meliaceae). **Química Nova**, v. 35, n. 10, p. 1936-1939, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012001000009>

SILVA, L.R. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 147-152, 2018. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i2.4729>

SILVERSIDES, F.G.; VILLENEUVE, P.I. Is the Haugh Unit correction for eggs weight valid for eggs stored at room temperature? **Poultry Science**, v. 73, p. 50-55, 1994. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0730050>

SOLOMON, S.E. **Egg and eggshell quality**. London: Wolfe Publishing, 1997. 149p.

SOUZA, L.C.F.S.; SOUSA, J.S.; BORGES, M.G.B.; MACHADO, A.V.; SILVA, M.J.S.; FERREIRA, R.T.F.V.; SALGADO, A.B. Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos físico, químico e microbiológico. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, n. 1, p. 19-27, 2012.

SOUZA-SOARES, L.A.; SIEWERDT, F. **Aves e ovos**. Pelotas: Editora da Universidade UFPEL, 2005. 138p.

STADELMAN, W.J. The preservation of quality in shell eggs. *In*: STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J. (Ed.). **Egg Science and Technology**. 4<sup>th</sup> ed. AVI Publishing, p. 67-79, 1995.

- STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O.J. **Egg Science and Technology**. Westport :The AVI Publishing Company, 1997. 97p.
- STANCIUC, N.; CRETU, A.A.; BANU, I.; APRODU, I. Advances on the impact of thermal processing on structure and antigenicity of chicken ovomucoid. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 3119-3128, 2018. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8813>
- STRINGHINI, M.L.F.; ANDRADE, M.A.; MESQUITA, A.J.; ROCHA, T.R.; REZENDE, P.M.; LEANDRO, N.S.M. Características bacteriológicas de ovos lavados e não lavados de granjas de produção comercial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1317-1327, 2009. <https://doi.org/10.5216/cab.v10i4.4209>
- SVOBODOVÁ, J.; TŮMOVÁ, E. Factors affecting microbial contamination of market eggs: a review. **Scientia Agriculturae Bohemica**, v. 45, n. 4, p. 226-237, 2014. <http://dx.doi.org/10.1515/sab-2015-0003>
- TAN, Q.G.; LUO, X.D. Meliaceous limonoids: Chemistry and biological activities. **Chemical Reviews**, v. 111, p. 7437-7522, 2011. <https://doi.org/10.1021/cr9004023>
- TAYLOR, D.A.H. The chemistry of the limonoids from Meliaceae. *In*: HERZ, W.; GRISEBACH, H.; KIRBY, G.W. **Fortschritte der chemie organischer naturstoffe / progress in the chemistry of organic natural products**. 1ª ed. Springer, 1984. p. 100-102.
- VAN DEN BRAND, H.; PARMENTIER, H.K.; KEMP, B. Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. **British Poultry Science**, v. 45, n. 6, p. 745-752, 2004. <https://doi.org/10.1080/00071660400014283>
- VAN DER PLANCKEN, I.; VAN REMOORTERE, M.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M.E. Trypsin inhibition activity of heat-denatured ovomucoid: A kinetic study. **Biotechnology Progress**, v. 20, p. 82-86, 2004. <https://doi.org/10.1021/bp034126m>
- VIEIRA, R.S.A.; BERTECHINI, A.G. Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo fitase. **Ciência e Prática**, v. 25, n. 6, p. 836-841, 2001.
- WAIMALEONGORA-EK, P.; GARCIA, K.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W.; INGRAM, D. 2009. Selected quality and shelf-life of eggs coated with mineral oil with different viscosities. **Journal of Food Science**, v. 74, p. 423-429, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01341.x>
- WARDY, W.; TORRICO, DAMIR, D.D.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W. Edible coating affects physic-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, p. 2659-2668, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02447.x>

## **CAPÍTULO II – PERFIL PRODUTIVO E ECONÔMICO DA CADEIA DA ANDIROBA NO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL**

Os resultados deste capítulo foram publicados na forma de artigo científico sob o seguinte referencial: RUFINO, J.P.F.; CARNEIRO, S.B.; CHAVES, F.A.L.; MENDONÇA, M.A.F.; SILVA JUNIOR, J.L.; COSTA NETO, P.Q. Diagnóstico produtivo e econômico da cadeia produtiva do óleo de andiroba no Amazonas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, p. e4444, 2024. <http://dx.doi.org/10.55905/oelv22n5-001>

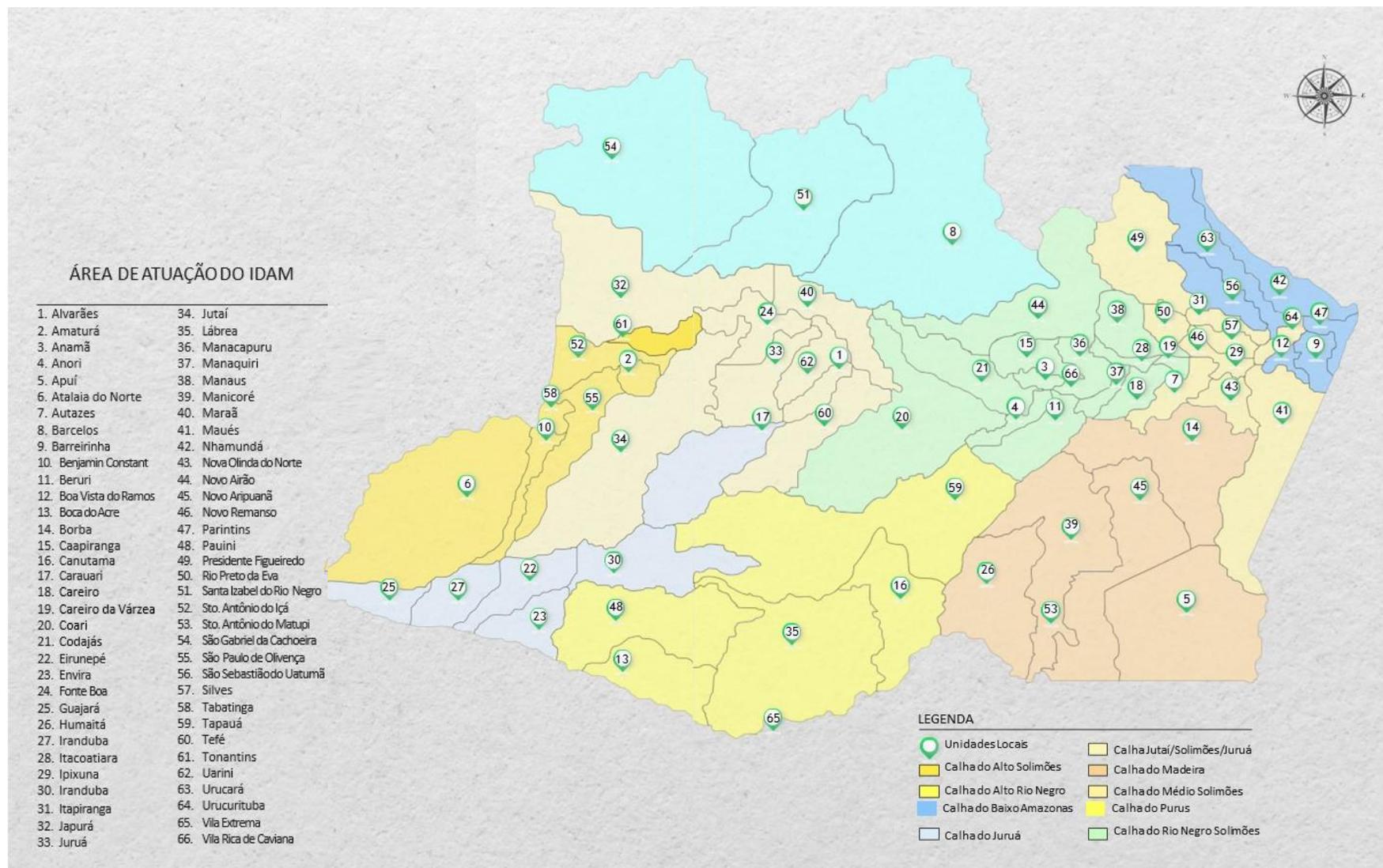
### **5. MATERIAL E MÉTODOS**

O perfil da cadeia produtiva do óleo de andiroba no estado do Amazonas foi inicialmente caracterizado conforme a divisão territorial por microrregiões (Figura 1) adotada pelo Instituto de Desenvolvimento Agrícola e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM). O período considerado foi entre os anos de 2010 e 2022, considerando o acumulado do período de janeiro a dezembro em cada um destes anos.

Os dados desta pesquisa são de natureza secundária e foram obtidos junto ao IDAM, que os coletou por meio da aplicação de questionários a produtores extrativistas ativos na cadeia do óleo de andiroba localizados em todos os municípios do Amazonas e filiados às suas unidades. Vale ressaltar que o IDAM é o órgão responsável pela coleta de dados do setor primário do Amazonas, apresentando unidades e técnicos lotados em todos os municípios.

Os dados coletados foram entregues aos pesquisadores para que houvesse tratamento e análise do material em questão. Os dados foram agrupados inicialmente por município a partir das amostras coletadas nos questionários considerando a produção e o número de produtores extrativistas ativos, sendo em seguida condensados por microrregião conforme a divisão territorial adotada pelo IDAM descrita acima.

A produção anual de óleo de andiroba e o número de produtores extrativistas ativos nesta atividade nas microrregiões do Amazonas foram avaliados conforme os conceitos econômicos propostos por Rossetti (2023) visando a obtenção de dados de uma atividade econômica em sistema de cadeia de produção. Também foram analisados os dados de precificação anual do óleo de andiroba no Amazonas ao longo da entressafra (de junho a outubro) e da safra (de janeiro a maio e os meses de novembro e dezembro) entre os anos de 2010 a 2022, bem como o preço médio pago ao produtor por kg de óleo em cada ano.



**Figura 2.** Divisão do estado do Amazonas em microrregiões conforme a área de atuação do IDAM e a distribuição das calhas dos rios ao longo do território

Fonte: Relatório anual do IDAM (2021).

A partir dos dados obtidos junto ao IDAM, e os dados de renda *per capita* obtidos junto à Secretaria de Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Amazonas (SEDECTI-AM), foi construído um modelo econométrico log-log referente à produção de óleo de andiroba no Amazonas conforme a seguinte estrutura algébrica:

$$\ln Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 \ln \text{Prod}_{it} + \beta_3 \ln \text{Ren}_{it} + \beta_4 \ln \text{Pre}_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Onde:

$\ln Y$  = logaritmo natural da produção de óleo de andiroba (em ton.)

$\ln \text{Prod}$  = logaritmo natural do nº de produtores extrativistas ativos na atividade

$\ln \text{Ren}$  = logaritmo natural da renda média *per capita* dos municípios (R\$/*per capita*/ano)

$\ln \text{Pre}$  = logaritmo natural do preço médio pago ao produtor (R\$/kg de óleo de andiroba)

Esse modelo teve como base a teoria do consumidor derivada da teoria microeconômica clássica (Pindyck; Rubinfeld, 2014), com a análise dos dados realizada em sistema de painel. Escolheu-se essa premissa, pois a análise de dados em painel permite que uma mesma unidade de corte transversal (um país, um estado ou uma empresa) seja acompanhada ao longo do tempo. Dessa forma, apresenta duas dimensões: espacial e temporal (Gujarati; Porter, 2011; Chang, 2019).

O modelo econométrico foi inicialmente concebido em três modelos primários através do *software Gretl (Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library v. 2023)*: modelo pooled (modelo de Mínimos Quadrados Ordinários-MQO), o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios. Para a escolha do modelo que melhor se ajustava aos dados e expressava o seu comportamento, realizou-se os testes de Chow, Breusch-Pagan e Hausman conforme descrito por Gujarati e Porter (2011) à 5% de significância. Foi realizada análise de multicolinearidade através da análise dos Fatores de Inflacionamento da Variância (VIF), onde valores >10 poderiam indicar um problema de colinearidade (Gujarati; Porter, 2011; Chang, 2019), e da construção da matriz de correlação entre as variáveis analisadas. A análise de heterocedasticidade foi realizada pelo teste de White à 5% de significância. Vale ressaltar que, por ser modelo log-log, os coeficientes das variáveis independentes representam a inclusão % que a produtividade irá apresentar para cada aumento de 1% na variável independente (Gujarati; Porter, 2011).

Para entendimento do funcionamento e estruturação da cadeia produtiva do óleo de andiroba, também foram coletados dados secundários junto a relatórios e técnicos das seguintes instituições: Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Brasileiro do Meio

Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Amazonas (FAEA). Estes dados secundários foram utilizados como referência para construção do modelo da cadeia produtiva do óleo de andiroba no que tange a sua estruturação, fluxo de produção, territórios-chave, processo produtivo padrão utilizado e mercados-alvo (alcance comercial) do óleo de andiroba e seus principais subprodutos.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando os resultados anuais de produção de óleo de andiroba no Amazonas (Tabela 1), observa-se inicialmente que esta encontra-se concentrada nos municípios que compõe as microrregiões do Juruá, Jutai/Solimões/Juruá e Purus, que juntas correspondem de 50 a 80% de toda a produção do estado. Estes dados podem ser atribuídos a alguns fatores relacionados tanto a geolocalização destes municípios quanto aos incentivos governamentais e políticas públicas que são despendidos para esta cadeia produtiva e os territórios onde se encontram.

Em primeiro lugar, deve-se destacar o fato destas três microrregiões estarem geograficamente próximas e concentrarem em seus domínios um significativo número de territórios protegidos (unidades de conservação municipais, estaduais ou federais, além de terras indígenas), onde a produção de óleo de andiroba e outros subprodutos florestais não-madeireiros emergiu como uma das principais alternativas para geração de renda para as pessoas que ali residem devido a abundância natural deste recurso nesses territórios (Sampaio Neto *et al.*, 2020) e a necessidade de sobreviver em uma área onde seus recursos naturais devem ser preservados. Essa prática inclusive é regulamentada pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que afirma que a coleta de produtos florestais não madeireiro da andirobeira é livre, sendo importante identificar os períodos ideais para coleta e atentar para a quantidade coletada, a fim de evitar danos ao desenvolvimento e à reprodução da espécie (Mendonça; Ferraz, 2007; Silva *et al.*, 2021).

Dentre essas três microrregiões destacadas acima, a microrregião do Juruá concentra os maiores percentuais de produção do Estado na maioria dos anos avaliados, além de também apresentar o maior número de indivíduos atuantes na extração deste recurso. Entretanto, observando proporcionalmente, os municípios desta microrregião também são os que apresentam a maior oscilação no que se refere ao volume de produção e o número de extrativistas atuantes na atividade. Isso nos leva ao segundo ponto, onde destaca-se o fato desta cadeia estar diretamente associada a exploração de um recurso natural e, conseqüentemente, depender quase que exclusivamente do efeito ambiental para definir o volume produzido, o que

comumente tende a gerar oscilações de produção. Isso é um fenômeno que torna essa cadeia muito frágil, podendo rapidamente desestimular a atividade e as pessoas envolvidas nela, ocasionando assim variações constantes no número de indivíduos anualmente envolvidos na extração deste recurso, conforme é possível verificar na Tabela 2.

Cronologicamente, a coleta da amêndoa de andiroba tem o seu período de safra entre os meses de novembro a maio, podendo se estender até o mês de junho, variando de acordo com a localidade e estando diretamente relacionada com o período da cheia dos rios da Amazônia (Noda *et al.*, 2006; Sampaio Neto *et al.*, 2020). De acordo com Silva *et al.* (2021), naturalmente, as andirobeiras podem apresentar anos de baixa e de alta produtividade, ou mesmo apresentar anos sem produção, sendo essa sazonalidade na produção parte da autoecologia das espécies. O mesmo autor afirma ainda que durante os anos sem produção, as andirobeiras estariam utilizando os recursos do solo para o crescimento vegetativo.

Economicamente, essas oscilações abruptas prejudicam o desenvolvimento da cadeia produtiva, que necessita de uma constância mínima para conseguir construir projeções de mercado e uma base econômica sólida visando manter as pessoas nos territórios para a extração e processamento do produto em questão, além de ocasionar problemáticas sociais como situações de vulnerabilidade econômica e social (Noda *et al.*, 2006). Esse conjunto de fatores leva os extrativistas a abandonarem a atividade em prol de outras mais rentáveis e perenes, ou mesmo ocasiona a migração para outros territórios mais produtivos e próximos, o que ajuda a explicar o fato das maiores oscilações entre o número de extrativistas quase sempre acontecerem em territórios próximos geograficamente (Palhares; Costa, 2018).

Isso pode ser exemplificado ao observar a redução significativa tanto na produção em cada microrregião quanto na produção total de óleo de andiroba no Amazonas entre os anos de 2012 e 2015, fato que está diretamente associado com as cheias históricas dos rios amazônicos que ocorreram exatamente no período de safra, o que comprometeu totalmente esta cadeia produtiva durante esses anos, principalmente no ano de 2012 onde houve, há época, a maior cheia de todos os tempos no Amazonas. Conforme dito acima, o fato deste tipo de cadeia produtiva estar bastante susceptível às condições ambientais não só compromete a produtividade da cadeia como um todo naquele espaço amostral, como também impacta na mesma a longo prazo ao forçar os trabalhadores de forma direta e indireta a buscarem outras alternativas de renda (Gomes, 2018; Silva *et al.*, 2020).

Tabela 1. Produção percentual de óleo de andiroba em cada microrregião do Amazonas no período de 2010 e 2022\*

Microrregião	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alto Rio Negro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alto Solimões	1,78	3,95	13,23	19,81	7,70	4,82	3,80	3,50	2,95	3,11	4,72	1,52	1,40
Baixo Amazonas	2,61	2,53	0,00	0,60	1,05	0,78	1,51	0,78	1,17	1,69	1,24	2,67	2,47
Juruá	60,37	42,10	32,24	17,10	17,68	8,54	41,68	38,98	49,49	46,97	50,80	40,41	37,30
Jutaí/Solimões/Juruá	5,65	9,26	25,06	26,72	30,44	21,01	10,30	6,99	1,88	10,32	16,04	12,00	11,07
Madeira	1,32	1,45	0,66	2,21	1,88	1,59	1,52	3,02	1,23	5,43	3,04	12,00	11,07
Médio Amazonas	2,67	3,39	7,04	13,04	14,74	10,50	7,84	7,53	7,82	6,94	4,27	9,04	8,34
Purus	21,71	21,05	11,73	2,42	18,95	43,34	27,05	24,94	24,28	18,88	11,51	21,87	20,19
Rio Negro/Solimões	3,90	16,27	10,04	18,11	7,55	9,42	6,29	14,26	11,17	6,66	8,40	0,50	0,46
Total	230,26	237,54	68,23	70,18	79,17	114,7	145,63	178,81	187,36	201,61	218,23	199,21	258,97

\*Fonte: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. Dados coletados entre os anos de 2010 e 2022 e processados em 2023

Tabela 2. Número de produtores extrativistas atuantes na produção de óleo de andiroba no Amazonas no período de 2010 e 2022\*

Microrregião	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alto Rio Negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alto Solimões	73	163	52	35	57	52	65	65	65	70	75	80	96
Baixo Amazonas	21	21	0	7	31	31	22	24	51	61	42	22	26
Juruá	254	360	160	82	535	480	410	500	560	432	471	510	612
Jutaí/Solimões/Juruá	250	368	212	218	325	325	125	188	121	122	136	150	180
Madeira	68	90	47	60	46	36	39	56	26	36	43	49	59
Médio Amazonas	202	118	131	188	236	215	174	202	191	147	138	128	154
Purus	380	276	145	107	71	101	114	138	153	184	184	184	221
Rio Negro/Solimões	173	164	176	168	82	101	90	116	149	122	102	82	98
Total	1421	1560	923	865	1383	1341	1039	1289	1316	1174	1191	1205	1567

\*Fonte: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. Dados coletados entre os anos de 2010 e 2022 e processados em 2023

Destaca-se ainda que o fato desta cadeia produtiva ter um viés intrinsecamente ligado a territórios protegidos indica que a sua produção está concentrada em locais onde há uma reserva natural deste recurso preservado de forma acessível (Mendonça; Ferraz, 2007). Isto ajuda a explicar o fato dos municípios do Alto Rio Negro não participarem desta cadeia, além dos municípios do Alto Solimões, Baixo Amazonas e Madeira pouco contribuírem com a produção total do Amazonas devido a baixíssima presença de reservas naturais de andirobeiras que possibilitem a exploração deste recurso nestes territórios, ou mesmo o fato de, quando existem, estas reservas genéticas estarem em áreas onde não é possível a sua exploração ou haja dificuldades para a chegada da tecnologia apropriada para fazê-la (Noda *et al.*, 2006; Mendonça; Ferraz, 2007; Gomes, 2018; Silva *et al.*, 2020).

Outro ponto a se destacar, e que também vai de encontro a essa questão da produtividade, é a evolução dos preços do óleo de andiroba pagos ao produtor por kg de óleo com o passar destes anos no mercado amazonense (Tabela 3), e que está diretamente relacionada as questões de safra e entressafra de acordo com os períodos de cheia e seca dos rios da Amazônia descritas acima (Noda *et al.*, 2006; Sampaio Neto *et al.*, 2020). Observa-se que, assim como verificado em outras cadeias produtivas, esses preços pagos pelo kg de óleo de andiroba produzido são majoritariamente maiores no período de entressafra, ou seja, quando há menos disponibilidade deste produto no mercado (Castro *et al.*, 2020). Entretanto, também se observa que esta diferença não é tão significativa, na maioria das vezes uma diferença de pouquíssimos centavos, apresentando-se mais expressiva nos últimos anos avaliados.

Tabela 3. Evolução dos preços médios pagos ao produtor por kg de óleo de andiroba na safra e na entressafra no mercado do Amazonas no período de 2010 e 2022\*

Ano de referência	Preço médio na safra (de janeiro a maio e os meses de novembro e dezembro)	Preço médio na entressafra (de junho a outubro)	Preço médio anual
2010	17,51	18,09	17,80
2011	18,93	18,74	18,84
2012	19,47	19,63	19,55
2013	21,29	21,13	21,21
2014	23,98	25,20	24,59
2015	27,01	27,19	27,10
2016	32,48	37,09	34,79
2017	33,96	35,74	34,85
2018	37,47	40,32	38,90
2019	46,19	45,76	45,98
2020	50,81	50,34	50,58

2021	60,97	60,40	60,69
2022	67,07	66,44	66,76

\*Fonte: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. Dados coletados entre os anos de 2010 e 2022 e processados em 2023

De acordo com Homma (2012) e Gomes (2018), as flutuações de preços agrícolas na Região Amazônica, devido às circunstâncias peculiares de produção, de comercialização, de meios de transporte e de regime das cheias dos rios, apresentam um comportamento que normalmente foge ao das demais áreas do país. Os mesmos autores comentam ainda que o conhecimento destas flutuações dá uma ideia do comportamento dos preços dos produtos agropecuários durante os meses do ano, das amplitudes de variações e das correlações com as condições climáticas e ciclo de produção. Ou seja, o ambiente peculiar encontrado no mercado amazônico aliado com o fato da produção de andiroba depender diretamente das variações deste ambiente criam um cenário onde a produção e precificação do óleo de andiroba apresenta peculiaridades que destoam no padrão verificado no mercado comum de *commodities* encontrado no Brasil, mesmo que haja semelhança em alguns pontos na cadeia produtiva.

Já avaliando a evolução do preço médio do óleo de andiroba com o passar destes anos, observa-se também que houve um aumento linear nos preços deste produto entre os anos de 2010 e 2022, chegando a praticamente quadruplicar de valor no mercado amazonense. Essa evolução pode ser atribuída, entre outras coisas, a três fatores: a desvalorização da moeda brasileira em relação ao dólar, visto que o mercado de *commodities* depende diretamente da flutuação cambial da moeda estadunidense; a inflação acentuada e oscilante que acometeu a economia brasileira no período avaliado, principalmente a partir do ano de 2014 (Hersen *et al.*, 2019; Lourenço Neto, 2021); e a valorização natural que as matérias-primas amazônicas para a confecção de produtos nos mais diferentes segmentos da indústria, tem ganho ano após ano, ou seja, o fortalecimento do conceito de bioeconomia que cada vez mais dita as tendências nesta região (Dias; Carvalho, 2017).

Mesmo tempo que esse crescimento acentuado nos preços do óleo de andiroba com o passar dos anos possa aparentar uma tendência negativa para o mercado, este também pode ser um indicativo de valorização deste óleo. Esse fenômeno corrobora com uma tendência que vem sendo verificada nos estudos sobre o óleo de andiroba há algum tempo, onde estes afirmam que a cada descoberta que é feita acerca de suas propriedades

físico-químicas e possíveis aplicações, o óleo de andiroba torna-se uma matéria-prima gradualmente mais estudada, cobiçada, produzida e valorizada pela indústria (Carvalho *et al.*, 2019). De acordo com Homma (2012), é importante destacar que o padrão estacional para ditar os preços das matérias-primas no mercado Amazônico pode ser alterado ao longo dos anos, dependendo das novas tecnologias de produção e beneficiamento, do mercado de exportação, dos tabelamentos, do melhoramento nas condições de transporte e armazenagem e, por fim, do desenvolvimento tecnológico, que pode, também, reduzir essas flutuações.

Nos resultados da análise econométrica (Tabela 4), verificou-se inicialmente que, após os três testes realizados (testes de Chow, Breusch-Pagan e Hausman), o modelo econométrico que melhor se ajustava aos dados foi o modelo *polled* (MQO), com todos estes testes apresentando  $p > 0,05$ , ou seja, aceitando  $H_0$ . Além disso, o resultado obtido no teste de White não indicou a presença de heterocedasticidade ( $p > 0,05$ ) no conjunto de dados analisado, ou seja, a dispersão dos dados, de uma certa forma, foi constante ao longo da linha de regressão, com os valores de VIF também não indicando a presença de multicolinearidade entre as variáveis analisadas no modelo.

Tabela 4. Modelo econométrico referente a produção de óleo de andiroba no Amazonas de 2010 e 2022

Variável	Coefficientes	Erro padrão	p-valor	VIF
Constante ( $\beta_1$ )	-6,69936	2,60409	0,03	-
Nº de produtores extrativistas	1,7676	0,0352048	<0,01	1,417
PIB per capita/Renda	-0,136427	0,354445	0,71	2,739
Preço médio pago ao produtor	0,536337	0,187159	0,02	2,294
p-valor do modelo			<0,01	
R <sup>2</sup>			0,89	
p-valor do Teste de Chow <sup>1</sup>			0,43	
p-valor do Teste de Breusch-Pagan <sup>2</sup>			0,11	
p-valor do Teste de Hausman <sup>3</sup>			0,75	
p-valor do Teste de White <sup>4</sup>			0,23	

<sup>1</sup>  $H_0$  ( $p > 0,05$ ): modelo *Pulled* é melhor que o de efeitos fixos.

<sup>2</sup>  $H_0$  ( $p > 0,05$ ): modelo *Pulled* é melhor que o de efeitos aleatórios.

<sup>3</sup>  $H_0$  ( $p > 0,05$ ): modelo de efeitos aleatórios é melhor que efeitos fixos.

<sup>4</sup>  $H_0$  ( $p > 0,05$ ): não há heterocedasticidade no modelo

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Avaliando individualmente cada variável integrante do modelo econométrico, verifica-se que a renda per capita nas microrregiões do Amazonas não apresentou efeito significativo ( $p > 0,05$ ), ou seja, esta não influenciou significativamente a produção de óleo de andiroba nestes mesmos municípios e, conseqüentemente, no Amazonas como um

todo dentro do período avaliado. Em contrapartida, o número de produtores extrativistas atuantes e o preço pago ao produtor por kg de óleo de andiroba produzido nestas microrregiões apresentaram significância dentro do modelo ( $p < 0,05$ ), ou seja, apresentaram uma tendência a influenciar diretamente esta produção de óleo de andiroba no Amazonas dentro do período avaliado, onde cada 1% de aumento no número de produtores extrativistas ativos tende a provocar um aumento de cerca de 1,76% na produção de óleo de andiroba no Amazonas, e cada 1% de aumento no preço pago ao produtor tende a provocar um aumento de cerca de 0,53% nesta produção. Esses efeitos de influência também podem ser vislumbrados quando analisamos a matriz de correlação (Tabela 5), onde o número de produtores extrativistas e o preço pago ao produtor por kg de óleo produzido foram as variáveis que mais apresentaram correlação positiva com a produção.

Tabela 5. Matriz de correlação das variáveis integrantes do modelo econométrico referente a produção de óleo de andiroba no Amazonas no período de 2010 e 2022

Produção	Produtores	Renda	Preço	Variáveis
1,00	0,94	0,41	0,08	Produção
*	1,00	0,40	0,01	Produtores
*	*	1,00	0,69	Renda
*	*	*	1,00	Preço

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

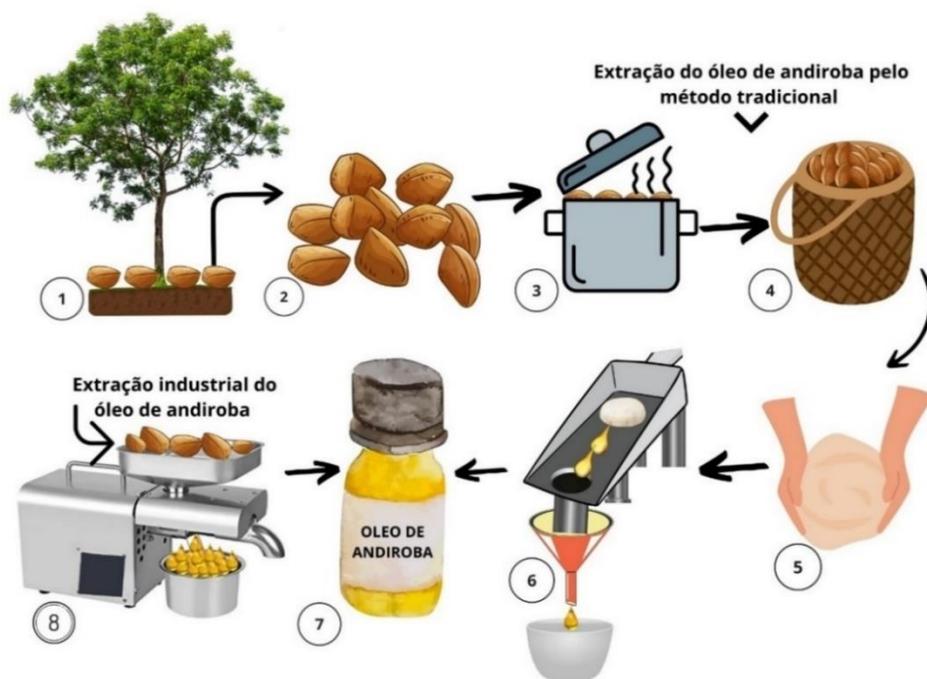
Para explicar esses resultados é importante considerar primeiramente que, mesmo não apresentação significância dentro do modelo, a renda *per capita* é uma medida importante do nível de riqueza de uma população produtiva. No caso do Amazonas, o estado tende a apresentar com uma renda *per capita* abaixo da média nacional (IBGE, 2022), com problemas consideráveis de distribuição desigual de renda que implica uma concentração desproporcional de riqueza nos grandes centros urbanos, principalmente Manaus e os municípios que a orbitam. E trazendo isso para a análise produtiva deste estudo, essa baixa renda *per capita* no Amazonas poderia de uma certa forma limitar o acesso dos produtores extrativistas a insumos, equipamentos e tecnologias (Homma, 2012; Gomes, 2018; Silva *et al.*, 2020), o que naturalmente poderia reduzir a produção de óleo de andiroba. No entanto, esse efeito não foi observado no modelo econométrico encontrado, o que sugere que outros fatores são mais importantes para explicar a produção de óleo de andiroba no Amazonas que a renda *per capita* vista nos territórios.

Por outro lado, o número de produtores extrativistas atuantes mostrou-se um fator de influência direta sobre o volume de produção de óleo de andiroba. Isso pode estar relacionado ao fato de atividades extrativistas como a produção de óleo de andiroba serem, em sua maioria, de processamento manual ou artesanal, o que requer a participação de trabalhadores para coletar os frutos, processá-los em óleo e transportar este óleo até o seu destino comercial (Homma, 2012; Gomes, 2018; Silva; Dias, 2020). Neste cenário, é natural que um aumento no efetivo de trabalhadores disponíveis para realizar essas atividades tende a elevar a sua produção. Além disso, em cadeias extrativistas de uma maneira geral, tem-se que o número de trabalhadores disponíveis e a sua qualificação para produzir produtos de melhor qualidade em menor tempo determinam diretamente o volume de produção, com o custo por unidade produzida calculado a partir da disponibilidade dos insumos gastos sendo o principal fator de competitividade, pois acaba impactando no preço a ser pago ao produtor extrativista por unidade produzida (Gomes, 2018; Silva; Dias, 2020).

Dito isto, o preço pago ao produtor influencia diretamente a produção de óleo de andiroba no Amazonas, com aumentos incentivando maior produção. A crescente demanda devido às propriedades medicinais e cosméticas também impulsiona os ganhos dos produtores, levando a um aumento na produção para atender à demanda (Dias; Carvalho, 2017; Silva; Dias, 2020). Contudo, a produção é fortemente influenciada pelo número de produtores e depende significativamente da mão-de-obra braçal, refletindo a natureza tradicional e pouco tecnificada da atividade extrativista (Gomes, 2018; Sousa *et al.*, 2019).

Por fim, transpondo essas informações para a estrutura dessa cadeia produtiva, verificou-se que, devido ao valioso poder biológico do óleo de andiroba e seu grande valor comercial, diversas comunidades e pequenas empresas/unidades extratoras do Amazonas, bem como de toda a região Amazônica, utilizam há décadas, quiçá séculos, processos extrativos utilizando majoritariamente um método denominado como tradicional para extrair este óleo (Sousa *et al.*, 2021; Dias *et al.*, 2023; Leal *et al.*, 2023). Esse método consiste nas seguintes etapas ilustradas na Figura 2: 1) Coleta das sementes; 2) A seleção das sementes separando as boas das deterioradas, e repouso das sementes por um mês para estimular a liberação do óleo; 3) A extração do óleo é iniciada com o cozimento das sementes até que as amêndoas fiquem moles; 4) As sementes são colocadas

em um novo repouso por 15 dias com o protocolo de mexer as sementes uma vez ao dia; 5) Retirada da massa das amêndoas e sovada até que fique homogênea e moldadas em forma de pão; 6) A massa é colocada sobre uma superfície inclinada para o escoamento do óleo e para estimular a extração do óleo, a massa é levada ao sol, amassada novamente por pelo menos uma vez por dia; 7) O óleo extraído é armazenado em frascos de vidro para posterior comercialização (Mendonça; Ferraz, 2007, Sousa *et al.*, 2019).



**Figura 2.** Processo de extração tradicional e industrial do óleo de andiroba no âmbito comercial do Amazonas.

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Unidades em comunidades tradicionais e ribeirinhas do Amazonas produzem e vendem localmente produtos artesanais com óleo de andiroba, como sabonetes e velas repelentes, além do óleo puro, comercializados em feiras ou levados à capital para venda em mercados maiores (Lira *et al.*, 2021). O processo é predominantemente associativo, com associações como a Associação Vida Verde da Amazônia (AVIVE) em Silves, formadas por extrativistas locais, atuando na extração e processamento do óleo para colaborar com a renda dos membros e promover o mercado local (Meneguetti *et al.*, 2019; Lira *et al.*, 2021; Soares *et al.*, 2021).

De acordo com Mendonça e Ferraz (2007), o processo tradicional de extração do óleo de andiroba é longo e complexo, com o isolamento geográfico das comunidades

fazendo com que a divisão técnica e social do trabalho seja no geral, reduzida a uma família que domina todo o processo até o produto final. Porém, os mesmos autores afirmam também que as mudanças sociais combinadas à praticidade e eficiência de outros métodos de extração do óleo, como a prensa, têm contribuído para perda do conhecimento do processo tradicional de extração do óleo em algumas comunidades; além de que o isolamento no interior do Amazonas e a falta de organização social nas comunidades facilitam e perpetuam a figura do atravessador, devido à dificuldade em escoar a produção.

Já no âmbito industrial pode ocorrer dois cenários, onde: 1) as indústrias adquirem os frutos da andirobeira junto a associações extrativistas e utilizam um método de extração que difere do método tradicional, conforme ilustrado na Figura 2, item número 8, onde as sementes não são submetidas ao cozimento, mas sim trituradas diretamente para a obtenção da massa, sendo esta em seguida colocadas em prensa elétrica ou mecânica e o óleo filtrado em filtro elétrico (Milhomem-Paixão *et al.*, 2017; Lira *et al.*, 2021); e 2) as indústrias compram a produção de óleo de andiroba (bruto ou refinado) diretamente de comunidades tradicionais e ribeirinhas localizadas em pequenas cidades no interior do Amazonas.

Em ambos os casos, onde o segundo apresenta maior ocorrência, o objetivo da indústria é a aquisição do óleo e a sua aplicação para a finalidade escolhida visando essencialmente extrapolar o mercado local (amazonense), e o direcionamento dos produtos para o mercado nacional ou mesmo internacional, principalmente Europa e Estados Unidos (Silva *et al.*, 2021; Leal *et al.*, 2023). Entretanto, é importante destacar que, apesar dessa comercialização do óleo de andiroba nessa perspectiva se apresentar como um negócio potencialmente lucrativo, esse nível de comercialização é realizado por um grupo muito pequeno de empresas no Amazonas (Mendonça; Ferraz, 2006).

Em âmbito local, as principais empresas produtoras de bioprodutos a base de óleo de andiroba e que atuam total ou parcialmente no Amazonas são a Pronatus, Amazon Ervas, Natura Cosméticos, Pharmakos D' Amazônia e Rocher Yves Biolog Vegetale. Outras empresas como a Amazonoil LTDA e Beraca LTDA atuam também como fornecedoras de óleos, manteigas e bioativos naturais a partir do óleo de andiroba para outras indústrias maiores. E por apresentar alto poder biológico, baixa toxicidade e biocompatibilidade com a pele, o óleo de andiroba é majoritariamente usado por essas

indústrias como o ingrediente ativo de formulações para a elaboração de cremes de massagem, pomadas, hidratantes, sabonetes, xampus e condicionadores (Meneguetti *et al.*, 2019; Lira *et al.*, 2021; Soares *et al.*, 2021).

## 7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que a produção de óleo de andiroba no Amazonas encontra-se majoritariamente concentrada nos municípios que compõe as microrregiões do Juruá, Jutai/Solimões/Juruá e Purus, que juntas correspondem anualmente a cerca de 60 a 80% desta produção, com a microrregião do Juruá maior destaque. Os preços pagos ao produtor por kg de óleo apresentaram-se maiores no período de entressafra, porém, com pouca diferença real para o preço praticado na safra, além de apresentar um aumento gradual entre 2010 e 2022, chegando a praticamente quadruplicar de valor. A análise econométrica também indicou que o nº de produtores extrativistas atuantes e o preço pago ao produtor são os principais fatores que influenciam a produção de óleo de andiroba no Amazonas, com o aumento nestas duas variáveis implicando em aumentos diretos na produção. Por fim, atestou-se que a produção de óleo de andiroba no Amazonas é baseada na extração pelo método tradicional e a comercialização em mercados locais, com a indústria nichada e buscando a expansão do mercado.

## 8. REFERÊNCIAS

- CARVALHO, S.B.A.; CARVALHO, C.C.; SIRQUEIRA, B.P.C.; SILVA, R.A.; NYLANDER, B.V.R.; BARROS, C.A.V. Estudo em bases de patentes sobre a andiroba e suas propriedades anti-inflamatórias. **Pará Research Medical Journal**, v. 3, b. 2, p. e19, 2019.
- CASTRO, N.R.; BARROS, G.S.C.; ALMEIDA, A.N.; GILIO, L.; MORAIS, A.C.P. The Brazilian agribusiness labor market: measurement, characterization and analysis of income differentials. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 1, p. e192298, 2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.192298>
- CHANG, C.-L. **Applied Econometrics**. Basel: MDPI, 2019.

- DIAS, R.F.; CARVALHO, C.A.A. Bioeconomia no Brasil e no mundo: panorama atual e perspectivas. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 410-430, 2017. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170023>
- DIAS, K.C.; COSTA, A.A.; CARDOSO, C.A.; COSTA, A.F.; PASSOS, M.C.; ROCHA-FILHO, C.; AGUIAR, G.; LUQUE, E. R.; NASCIMENTO, L.; NORONHA, R. Biological activities from andiroba (*Carapa guianensis* Aublet.) and its biotechnological applications: A systematic review. **Arabian Journal of Chemistry**, p. 16, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104629>
- GOMES, C.V.A. Ciclos econômicos do extrativismo na Amazônia na visão dos viajantes naturalistas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 13, n. 1, p. 129-146, 2018. <https://doi.org/10.1590/1981.81222018000100007>
- GUJARATI, D.N.; PORTER, D.C. **Econometria básica**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2011.
- HERSEN, A.; HOEFLICH, V.A.; LIMA, J.F.A desvalorização cambial e a exportação de produtos florestais madeireiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, p. 368-378, 2019. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.186857>.
- HOMMA, A.K.O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100012>.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Renda per capita nas microrregiões do Amazonas**, 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- LEAL, A.B.; HACKBART, H.C.S.; MACUEIA, F.B.E.D.; ROMBALDI, C.V. Andiroba oil (*Carapa guianensis*): Descriptive analysis and applicability. **Industrial Crops and Products**, v. 202, p. 117004, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117004>.
- LIRA, G.B.; LOPES, A.S.C.; NASCIMENTO, F.C.A.; CONCEIÇÃO, G.S.; BRASIL, D.S.B. Processos de extração e usos industriais de óleos de andiroba e açaí: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20227>.
- LOURENÇO NETO, S. Entre o neodesenvolvimentismo e a ortodoxia: contradições da política econômica no governo Dilma Rousseff. **Passagens: Revista Internacional de História Política e Cultura Jurídica**, v. 13, n. 3, p. 491-507, 2021.

- MENDONÇA, A.P.; FERRAZ, I.D.K. Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 3, p. 353-364, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000300006>.
- MENEGUETTI, N.F.P.; MENEGUETTI, D.U.O.; SIVIERO, A. Biotechnological potential of the *Carapa guianensis*, *Bertholletia excelsa* and *Copaifera* spp. oils. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 13, n.17, p. 413-422, 2019. <https://doi.org/10.5897/JMPR2019.6828>.
- MILHOMEM-PAIXÃO, S.S.R.; FASCINELI, M.L.; MUEHLMANN, L.A.; MELO, K.M.; SALGADO, H.L.C.; JOANITTI, G.A.; PIECZARKA, J.C.; AZEVEDO, R.B.; SANTOS, A.S.; GRISOLIA, C.K. Andiroba oil (*Carapa guianensis* Aublet) nanoemulsions: development and assessment of cytotoxicity, genotoxicity, and hematotoxicity. **Journal of Nanomaterials**, v. 1, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/4362046>.
- NODA, S.N.; NODA, H.; MARTINS, A.L.U. **Agricultura familiar na várzea amazônica: espaço de conservação da diversidade cultural e ambiental**. In: SCHERER, E.; OLIVEIRA, J.A. (Orgs.). *Amazônia: políticas públicas e diversidade cultural*. Rio de Janeiro: Garamond, p. 163-194, 2006.
- PALHARES, V.L.; COSTA, P. C. Desenvolvimento rural e extrativismo: a cadeia produtiva do musgo na comunidade rural André do Mato Dentro, Santa Bárbara/MG. **Revista Cerrados**, v. 16, n. 0, p. 3-22, 2018. <https://doi.org/10.22238/rc24482692201816010322>.
- PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. 8ª ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2014.
- ROSSETTI, J.P. **Introdução à economia**. 21ª ed. São Paulo: Atlas, 2023.
- SAMPAIO NETO, O.Z.; BATISTA, E.A.C.; MEIRELLES, A.J.A. Potencial de oleaginosas nativas no desenvolvimento de cadeias produtivas da biodiversidade brasileira. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 54, p. 537-559, 2020. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v54i0.71934>.
- SILVA, V.M.F.; DIAS, M.N.P. O extrativismo político, econômico e social na Amazônia: o legado de exploração e marginalização democrática do povo amazônico. **Revista de Direito**, [S. l.], v. 12, n. 02, p. 01-20, 2020. <https://doi.org/10.32361/2020120210780>.

SILVA, T.P.; PONTES, A.N.; ALBUQUERQUE, A.R. Cadeias de produção sustentáveis no extrativismo de castanha do Brasil na Amazônia brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63460-63478, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-687>.

SILVA, A.J.B.; SEVALHO, E.S.; MIRANDA, I.P.A. Potencial das palmeiras nativas da Amazônia Brasileira para a bioeconomia: análise em rede da produção científica e tecnológica. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 1020–1046, 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509843595>.

SOARES, A.D.S.; WANZELER, A.M.V.; CAVALCANTE, G.H.S.; BARROS, E.M.D.S.; CARNEIRO, R.C.M.; TUJI, F.M. Therapeutic effects of andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) oil, compared to low power laser, on oral mucositis in children underwent chemotherapy: A clinical study. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 264, p. 113365, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113365>.

SOUSA, R.L.; ALMEIDA, B.B.; SILVA, R.P.; ALBUQUERQUE, L.C.S.; CORDEIRO, Y.E.M. Óleo de andiroba: extração, comercialização e usos tradicionais na comunidade Mamangal, Igarapé-Miri, Pará. **Biodiversidade**, v.18, n. 1, p. 68-81, 2019.

SOUSA, R.L.; SILVA, S.G.; COSTA, J.M.; COSTA, W.A.; MAIA, A.A.B.; OLIVEIRA, M.S.; ANDRADE, E.H.A. Chemical profile of manually extracted andiroba oil (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) from Mamangal community, located in Igarapé-Miri, Pará, Brazil. **Scientia Plena**, v. 17, n. 12, 127201-1, 2021. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.127201>.

### **CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE BIOPRODUTO COM NÍVEIS DE ÓLEO DE ANDIROBA E APLICADO EM DIFERENTES MÉTODOS E PERÍODOS NA CONSERVAÇÃO DE OVOS ESTOCADOS EM TEMPERATURA AMBIENTE**

Os resultados deste capítulo foram submetidos na forma de artigo científico para o periódico *Journal of Food Science and Technology*.

#### **9. MATERIAL E MÉTODOS**

A presente etapa da pesquisa foi conduzida no Setor de Avicultura e no Laboratório de Tecnologia do Pescado da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) e no Laboratório BioPhar da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, todos localizados no setor Sul do campus universitário da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) em Manaus, Amazonas, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (Protocolo nº 23105.015643/2024-61).

##### **9.1. Aquisição do óleo de andiroba e formulação do bioproduto**

O óleo de andiroba utilizado neste estudo foi obtido a partir de sementes da andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) por meio de prensagem mecânica, rendendo aproximadamente 500 g de óleo não filtrado por kg de semente (Sousa *et al.*, 2022). Posteriormente, o óleo resina foi coado para obtenção do óleo virgem utilizado neste estudo (Sousa *et al.*, 2019). Uma fração amostral do óleo (aproximadamente 500 a 800 mL) utilizada na composição do bioproduto foi armazenada em recipiente hermeticamente fechado, previamente identificado e enviado ao laboratório para determinações físico-químicas e caracterização química das substâncias lipídicas.

As análises incluíram a identificação dos ácidos graxos livres (%) e índice de acidez em mg de acordo com o método AOCS Cd 3d-63 (2017); valor de peróxido de acordo com o método Cd 8b-90 AOCS (2017); valor de saponificação seguindo o método Cd 3c-91 AOCS (2017); valor de iodo pelo método Cd 1-25 AOCS (2022); pH usando potenciômetro digital; e valor de umidade de acordo com o método AOCS Ca 2d-25 (2017). O óleo de andiroba também foi submetido à esterificação com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano, de acordo com o método Ce 2-66 da AOCS (2017) para

a caracterização do perfil de ácidos graxos usando Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massa (CG-MS) conforme descrito por Sousa *et al.* (2022). A identificação dos compostos foi feita por comparação dos espectros de massa e LRI com aqueles armazenados no banco de dados do *NIST Mass Spectral Search Program 2.0* e na literatura (Adams, 2017).

Para a produção do bioproduto, o óleo de andiroba foi inicialmente colocado em um recipiente plástico graduado com capacidade de 1 L de acordo com o nível de óleo de andiroba pré-determinado. Posteriormente, o tensoativo (*Tween 20*) foi gotejado no óleo de andiroba enquanto ambos eram agitados. Por fim, adicionou-se lentamente água destilada enquanto a solução foi novamente agitada para melhor diluição. As soluções de bioproduto obtidas foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 1 L. As fórmulas do bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) foram calculadas de acordo com a seguinte equação:

$$BPOA = OA + 10TEN + AD + AP$$

Onde:

OA = % de óleo de andiroba de acordo com os tratamentos.

10TEN = percentual fixo de 10% de tensoativo (*Tween 20*).

AD = % de água destilada para completar a fórmula.

AP = percentual fixo de 0,01% de ácido propiônico

## 9.2. Ovos, arranjo experimental e aplicação do bioproduto

Os ovos utilizados nesta etapa da pesquisa foram provenientes de poedeiras Hissex Brown com 52 semanas de idade alojadas em gaiolas (1,00x0,45x0,45 m) com densidade de estocagem de 0,16 aves/m<sup>2</sup>. As poedeiras foram manejadas com dietas formuladas a partir das recomendações nutricionais de Rostagno *et al.* (2017). Estas aves tiveram acesso à água *ad libitum* e foram manejadas de acordo com as orientações do manual da linhagem.

Os ovos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2+4x2x2), onde os tratamentos foram constituídos por um controle positivo (ovos frescos, sem armazenamento e analisados imediatamente após a coleta), um controle negativo (ovos armazenados por sete dias sem a aplicação do bioproduto), quatro

níveis de óleo de andiroba na fórmula do bioproduto (1, 5, 10 e 15%), dois métodos de aplicação do bioproduto (*spray* e imersão) e dois períodos de exposição do ovo ao bioproduto durante a aplicação (15 e 30 segundos), totalizando 18 tratamentos, com 25 ovos (repetições) cada.

Para a aplicação do bioproduto, os ovos foram imersos em recipientes esterilizados contendo o bioproduto, ou o bioproduto foi pulverizado (*spray*) em todas as suas superfícies do ovo utilizando um pulverizador manual esterilizado conforme os períodos de aplicação pré-estabelecidos. Em seguida, os ovos foram armazenados por sete dias à temperatura ambiente em sala com condições ambientais controladas apresentando médias de 22,4 °C (72,32 °F) de temperatura e 55% de umidade relativa do ar. Após o término deste período, foram realizadas as análises experimentais.

### **9.3. Análises experimentais**

#### **9.3.1. Qualidade física**

Cinco ovos de cada tratamento foram submetidos à análise de qualidade física conforme métodos descritos por Brasil *et al.* (2019). Foi mensurado o peso do ovo; percentagens, alturas, circunferências e valores de pH da gema e do albúmen; coloração da gema em uma escala de 1 a 15 utilizando leque graduado (ROCHE®); características da casca do ovo incluindo peso, porcentagem e espessura (medidas nas regiões basal, meridional e apical). A unidade Haugh foi calculada de acordo com a fórmula descrita por Haugh (1937).

#### **9.3.2. Concentrações bacteriológicas**

Os procedimentos para análise das concentrações bacteriológicas foram realizados de acordo com a normativa-padrão da legislação brasileira (Brasil, 2018). Amostras padronizadas foram preparadas coletando-se o conteúdo interno de cinco ovos de cada tratamento, homogeneizando-o por 60 segundos e criando diluições de  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$  com água peptonada tamponada a 1%.

Para contagem total do mesófilo, amostras das diluições selecionadas foram inoculadas em placas de Petri com *Plate Count Agar* e incubadas a 36 °C por 48 horas. O resultado foi expresso em Unidades Formadoras de Colônias por 1,0 g de amostra (UFC/g). Para avaliação de *Escherichia coli*, amostras das diluições foram inoculadas em

tubos de ensaio e incubadas a 36 °C. Os resultados positivos foram confirmados por testes subsequentes e expressos como Número Mais Provável por grama (NMP/g). A contagem de *Staphylococcus aureus* foi determinada inoculando amostras das diluições em placas de ágar Baird-Parker, seguida de incubação a 36 °C por 48 horas. O resultado foi expresso em Unidades Formadoras de Colônias por 1,0 g de amostra (UFC/g). A análise de *Salmonella* spp. foi realizada por meio de pré-enriquecimento, caldos seletivos e testes PCR para diagnóstico e confirmação.

### **9.3.3. Composição química e oxidação lipídica da gema**

Cinco ovos de cada tratamento foram submetidos à análise de composição química, que incluiu avaliação dos teores de umidade (%), minerais (%), lipídios (%) e proteínas (%). Estas análises foram realizadas seguindo os métodos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). O teor de umidade foi determinado usando o método AOAC 925.10 (2019), enquanto o de minerais através de calcinação em mufla seguindo o método AOAC 923.03 (2019), com o de lipídios usando o método AOCS Ba 3-38 e o de proteínas sendo analisado através do método Kjeldahl de acordo com a metodologia AOAC 920.87 (2019).

Outros cinco ovos de cada tratamento foram utilizados para avaliar o potencial de oxidação lipídica da gema (análise de TBARS). Os ovos foram quebrados e as gemas foram separadas e congeladas. Posteriormente, as gemas congeladas foram submetidas à liofilização, onde a água e outros solventes foram removidos por sublimação, contornando o estado líquido. As gemas desidratadas foram então submetidas à análise de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) para medir o grau de oxidação lipídica utilizando uma versão modificada da metodologia descrita por Vyncke (1970) e adaptada por Ramanathan e Das (1992).

### **9.3.4. Análise sensorial**

Cinco ovos de cada tratamento, totalizando 25 ovos, foram utilizados para análise sensorial. Esses ovos foram cozidos, resfriados retirando-os da água quente e colocando-os em água fria por três minutos e, então, descascados, cortados ao meio e, posteriormente, dividindo-os em quatro partes. As amostras foram colocadas em pratos com números de identificação aleatórios conhecidos apenas pelos pesquisadores (Hayat

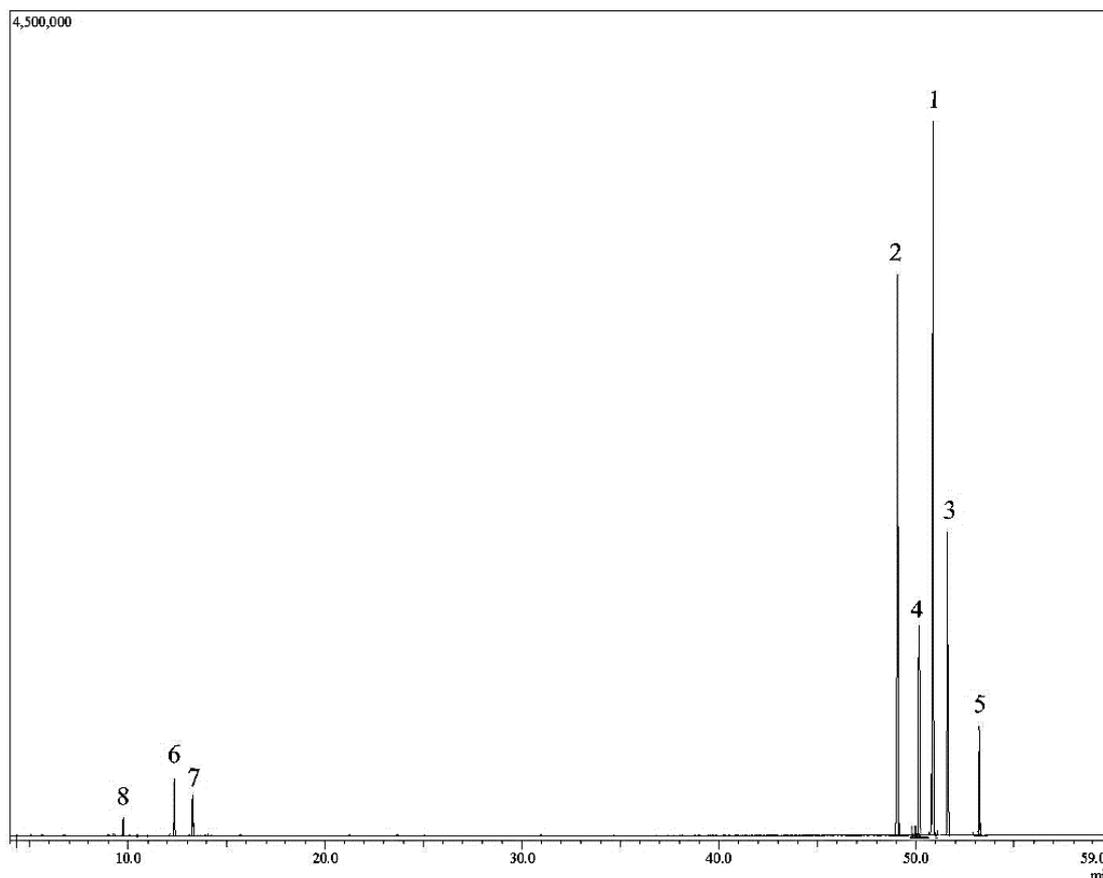
*et al.*, 2010), submetendo-as a vinte provadores não treinados realizarem a análise sensorial após um período de três horas sem consumir alimentos ou fumar. Para evitar distorções quanto a características como a cor da casca dos ovos, os provadores não tiveram contato visual com as cascas dos ovos ou outras características prévias dos ovos. Os provadores avaliaram os ovos quanto à aparência, cor da gema, aroma e sabor usando uma escala hedônica variando de 1 a 9 para cada atributo (Berkhoff *et al.*, 2020).

#### **9.4. Análise estatística**

Os dados foram inicialmente avaliados quanto à normalidade e foram aplicadas as transformações necessárias. Posteriormente, foi realizada ANOVA *one-way* utilizando o *software* R (versão 4.1.3) seguindo as diretrizes de Logan (2010). Primeiro, o teste de diferença honestamente significativa de Tukey foi utilizado para testar as diferenças significativas entre os valores médios. Os resultados foram apresentados como médias e o nível de significância para diferenças foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

### **10. RESULTADOS**

A análise físico-química do óleo de andiroba utilizado para compor o bioproduto (Figura 3) revelou resultados médios de  $2,37 \pm 0,28\%$  de teor de ácidos graxos livres, acidez de  $3,26 \pm 0,55$  mg NaOH/g, valor de peróxido de  $1,53 \pm 0,32$  meq/1000g, valor de saponificação de  $186,92 \pm 0,24$  mg KOH/g, teor de iodo de  $87,68 \pm 0,53$  g I<sub>2</sub>/100g, pH de  $4,63 \pm 0,02$  (mg/100g) e teor de umidade de  $0,001 \pm 0,11\%$ . A análise da composição do óleo de andiroba por CG/MS identificou oito constituintes químicos, representando 99,98% do óleo. Os ácidos graxos saturados representaram 42,47%, os ácidos graxos monoinsaturados representaram 45,43%, os ácidos graxos poliinsaturados representaram 8,65% e os triterpenóides representaram 3,43%. Os ácidos graxos primários identificados no óleo de andiroba foram os ácidos oleico (45,43%), palmítico (28,44%), esteárico (10,05%) e linoléico (8,65%).



**Figura 3.** Cromatograma das substâncias identificadas no óleo de andiroba utilizado para compor o bioproduto testado. Legenda dos picos: 1) ácido oleico; 2) ácido palmítico; 3) ácido esteárico; 4) ácido linoleico; 5) ácido eicosanoico; 6, 7 e 8) Limonóides.

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

As Tabelas 6 e 7 apresentam os resultados médios para a qualidade física dos ovos. O uso do bioproduto teve impacto significativo ( $p < 0,05$ ) em diversas variáveis analisadas, exceto pH de gema e albúmen, e porcentagem de gema. Níveis mais elevados de óleo de andiroba no bioproduto resultaram em conservação significativamente melhor do peso do ovo, porcentagem de albúmen, gema e altura do albúmen, coloração da gema, espessura da casca do ovo e unidade Haugh em ovos armazenados por sete dias em comparação com aqueles também armazenados, mas sem bioproduto (controle negativo). Entretanto, os diâmetros de gema e albúmen, bem como as porcentagens de casca, aumentaram nos ovos revestidos com bioproduto, independentemente da técnica e do tempo de aplicação utilizados.

Tabela 6. Peso dos ovos e porcentagens de gema, albúmen e casca de ovos submetidos a bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis <sup>2</sup>			
	PO	G	A	C
<b>NOA</b>				
Controle positivo	60,12±0,02 <sup>a</sup>	30,05±0,02	55,74±0,01 <sup>a</sup>	9,64±0,04 <sup>c</sup>
Controle negativo	56,25±0,12 <sup>b</sup>	32,13±0,04	45,74±0,01 <sup>c</sup>	11,17±0,02 <sup>a</sup>
1	56,68±0,11 <sup>c</sup>	30,93±0,05	51,68±0,11 <sup>b</sup>	10,61±0,05 <sup>b</sup>
5	57,26±0,05 <sup>c</sup>	31,37±0,06	51,07±0,04 <sup>b</sup>	11,09±0,03 <sup>a</sup>
10	59,64±0,03 <sup>b</sup>	30,58±0,03	49,54±0,03 <sup>b</sup>	10,39±0,04 <sup>b</sup>
15	58,79±0,04 <sup>b</sup>	29,88±0,02	50,85±0,05 <sup>b</sup>	10,35±0,01 <sup>b</sup>
<b>MAB</b>				
Controle positivo	60,12±0,02 <sup>a</sup>	30,05±0,02	55,74±0,01 <sup>a</sup>	9,64±0,04 <sup>c</sup>
Controle negativo	56,25±0,12 <sup>c</sup>	32,13±0,04	45,74±0,01 <sup>c</sup>	11,17±0,02 <sup>a</sup>
<i>Spray</i>	57,42±0,05 <sup>b</sup>	31,04±0,06	49,59±0,05 <sup>b</sup>	10,20±0,05 <sup>b</sup>
Imersão	58,76±0,03 <sup>b</sup>	30,34±0,05	51,98±0,04 <sup>b</sup>	11,02±0,03 <sup>a</sup>
<b>PAB</b>				
Controle positivo	60,12±0,02 <sup>a</sup>	30,05±0,02	55,74±0,01 <sup>a</sup>	9,64±0,04 <sup>c</sup>
Controle negativo	56,25±0,12 <sup>c</sup>	32,13±0,04	45,74±0,01 <sup>c</sup>	11,17±0,02 <sup>a</sup>
15	58,40±0,03 <sup>b</sup>	30,83±0,02	49,29±0,06 <sup>b</sup>	10,85±0,02 <sup>b</sup>
30	57,78±0,02 <sup>b</sup>	30,55±0,04	52,28±0,05 <sup>b</sup>	10,37±0,03 <sup>b</sup>
<b>Efeito</b>				
NOA <sup>3</sup>	0,05	0,86	0,05	0,01
MAB <sup>3</sup>	0,05	0,54	0,05	0,01
PAB <sup>3</sup>	0,05	0,80	0,03	0,01
NOA*MAB <sup>4</sup>	0,45	0,57	0,83	0,34
NOA*PAB <sup>4</sup>	0,90	0,77	0,35	0,13
MAB*PAB <sup>4</sup>	0,69	0,19	0,56	0,22
NOA*MAB*PAB <sup>4</sup>	0,75	0,72	0,74	0,62
CV <sup>5</sup> , %	4,15	5,62	8,52	6,38

<sup>1</sup> NOA = Nível de óleo de andiroba. MAB = Método de aplicação do bioproduto. PAB = Período de aplicação do bioproduto.

<sup>2</sup> PO = Peso do ovo (g); G = Gema (%); A = Albúmen (%); C = casca (%).

<sup>3</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>4</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>5</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Tabela 7. Qualidade física de ovos submetidos a bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis <sup>2</sup>								
	AG	AA	DG	DA	CG	PhG	PhA	EC	UH
<b>NOA</b>									
Controle positivo	18,25±0,12 <sup>a</sup>	7,50±0,12 <sup>a</sup>	38,00±0,13 <sup>c</sup>	70,75±0,17 <sup>c</sup>	7,25±0,13 <sup>a</sup>	7,11±0,19	7,32±0,15	0,37±0,05 <sup>c</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>
Controle negativo	16,73±0,11 <sup>c</sup>	5,38±0,15 <sup>c</sup>	41,55±0,17 <sup>b</sup>	108,14±0,15 <sup>b</sup>	6,14±0,17 <sup>c</sup>	7,06±0,16	7,35±0,14	0,38±0,08 <sup>c</sup>	92,66±0,13 <sup>c</sup>
1	17,12±0,14 <sup>b</sup>	6,02±0,17 <sup>b</sup>	42,93±0,16 <sup>b</sup>	101,04±0,16 <sup>b</sup>	6,62±0,16 <sup>b</sup>	7,11±0,18	7,24±0,16	0,44±0,08 <sup>b</sup>	95,93±0,13 <sup>b</sup>
5	17,02±0,15 <sup>b</sup>	5,93±0,15 <sup>c</sup>	43,89±0,13 <sup>a</sup>	110,50±0,11 <sup>b</sup>	6,54±0,13 <sup>b</sup>	7,13±0,19	7,24±0,16	0,44±0,07 <sup>b</sup>	95,37±0,15 <sup>b</sup>
10	17,04±0,12 <sup>b</sup>	5,54±0,17 <sup>c</sup>	43,77±0,15 <sup>a</sup>	109,81±0,14 <sup>b</sup>	6,66±0,13 <sup>b</sup>	7,08±0,19	7,18±0,15	0,48±0,05 <sup>a</sup>	93,27±0,13 <sup>b</sup>
15	18,08±0,11 <sup>a</sup>	5,47±0,13 <sup>c</sup>	44,43±0,14 <sup>a</sup>	115,14±0,13 <sup>a</sup>	6,85±0,14 <sup>b</sup>	7,15±0,13	7,24±0,18	0,47±0,09 <sup>a</sup>	94,48±0,11 <sup>b</sup>
<b>MAB</b>									
Controle positivo	18,25±0,12 <sup>a</sup>	7,50±0,12 <sup>a</sup>	38,00±0,13 <sup>c</sup>	70,75±0,17 <sup>b</sup>	7,25±0,13 <sup>a</sup>	7,11±0,19	7,32±0,15	0,37±0,05 <sup>c</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>
Controle negativo	16,73±0,11 <sup>c</sup>	5,38±0,15 <sup>b</sup>	41,55±0,17 <sup>b</sup>	108,14±0,15 <sup>a</sup>	6,14±0,17 <sup>c</sup>	7,06±0,16	7,35±0,14	0,38±0,08 <sup>c</sup>	92,66±0,13 <sup>c</sup>
<i>Spray</i>	17,52±0,15 <sup>b</sup>	5,96±0,13 <sup>b</sup>	43,16±0,17 <sup>a</sup>	107,86±0,13 <sup>a</sup>	6,76±0,13 <sup>b</sup>	7,14±0,15	7,30±0,15	0,49±0,02 <sup>a</sup>	95,36±0,12 <sup>b</sup>
Imersão	17,11±0,16 <sup>b</sup>	5,66±0,15 <sup>b</sup>	44,35±0,12 <sup>a</sup>	110,38±0,13 <sup>a</sup>	6,58±0,18 <sup>b</sup>	7,09±0,15	7,15±0,11	0,42±0,03 <sup>b</sup>	94,17±0,12 <sup>b</sup>
<b>PAB</b>									
Controle positivo	18,25±0,12 <sup>a</sup>	7,50±0,12 <sup>a</sup>	38,00±0,13 <sup>c</sup>	70,75±0,17 <sup>b</sup>	7,25±0,13 <sup>a</sup>	7,11±0,19	7,32±0,15	0,37±0,05 <sup>b</sup>	100,00±0,00 <sup>a</sup>
Controle negativo	16,73±0,11 <sup>c</sup>	5,38±0,15 <sup>c</sup>	41,55±0,17 <sup>b</sup>	108,14±0,15 <sup>a</sup>	6,14±0,17 <sup>c</sup>	7,06±0,16	7,35±0,14	0,38±0,08 <sup>b</sup>	92,66±0,13 <sup>c</sup>
15	17,21±0,14 <sup>b</sup>	5,56±0,11 <sup>c</sup>	43,45±0,13 <sup>a</sup>	111,45±0,18 <sup>a</sup>	6,57±0,12 <sup>b</sup>	7,09±0,21	7,24±0,15	0,45±0,02 <sup>a</sup>	93,51±0,12 <sup>c</sup>
30	17,41±0,13 <sup>b</sup>	6,07±0,12 <sup>b</sup>	44,06±0,14 <sup>a</sup>	106,79±0,19 <sup>a</sup>	6,77±0,12 <sup>b</sup>	7,14±0,22	7,21±0,11	0,46±0,03 <sup>a</sup>	96,01±0,13 <sup>b</sup>
<b>Efeito</b>									
NOA <sup>3</sup>	0,04	0,05	0,05	0,03	0,05	0,64	0,79	0,05	0,05
MAB <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,20	0,06	0,01	0,05
PAB <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,19	0,65	0,05	0,05
NOA*MAB <sup>4</sup>	0,89	0,48	0,93	0,54	0,49	0,08	0,20	0,69	0,41
NOA*PAB <sup>4</sup>	0,73	0,33	0,19	0,66	0,86	0,78	0,81	0,15	0,30
MAB*PAB <sup>4</sup>	0,47	0,30	0,14	0,25	0,26	0,54	0,64	0,12	0,30
NOA*MAB*PAB <sup>4</sup>	0,65	0,60	0,59	0,65	0,79	0,49	0,52	0,23	0,63
CV <sup>5</sup> , %	6,29	13,81	4,87	12,46	7,04	1,16	1,77	13,06	3,82

<sup>1</sup> NOA = Nível de óleo de andiroba. MAB = Método de aplicação do bioproduto. PAB = Período de aplicação do bioproduto.

<sup>2</sup> AG = Altura da gema (mm); AA = Altura do albúmen (mm); DG = Diâmetro da gema (mm); DA = Diâmetro do albúmen (mm); CG = Cor gema; PhG = pH da gema; PhA = pH do albúmen; EC = Espessura da casca do ovo (µm); UH = Unidade Haugh.

<sup>3</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>4</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>5</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Os resultados de qualidade bacteriológica dos ovos encontram-se apresentados na Tabela 8. Os ovos frescos não demonstraram presença de mesófilos, *E. coli* ou *S. aureus*. Em contrapartida, os ovos armazenados por sete dias sem o uso do bioproduto exibiram concentrações bacterianas significativamente maiores ( $p < 0,05$ ). O bioproduto mostrou-se eficaz na redução ou eliminação completa das bactérias em ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente, especialmente quando foram utilizados níveis mais elevados de óleo de andiroba. Ovos imersos em bioproduto e com tempo de aplicação de 30 segundos apresentaram menores concentrações bacterianas.

Tabela 8. Concentrações bacteriológicas de ovos submetidos a bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis <sup>2</sup>		
	Mesófilos	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<b>NOA</b>			
Controle positivo	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00
Controle negativo	6,69±0,12 <sup>a</sup>	5,27±0,12 <sup>b</sup>	0,27±0,01
1	5,78±0,13 <sup>a</sup>	9,12±0,09 <sup>a</sup>	0,08±0,01
5	1,64±0,12 <sup>b</sup>	2,17±0,11 <sup>c</sup>	0,01±0,00
10	0,55±0,12 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00
15	0,29±0,05 <sup>c</sup>	1,77±0,11 <sup>c</sup>	0,00±0,00
<b>MAB</b>			
Controle positivo	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00
Controle negativo	6,69±0,12 <sup>a</sup>	5,27±0,12 <sup>a</sup>	0,27±0,01
Spray	3,25±0,13 <sup>b</sup>	1,09±0,02 <sup>b</sup>	0,04±0,01
Imersão	0,88±0,05 <sup>c</sup>	5,45±0,13 <sup>a</sup>	0,00±0,00
<b>PAB</b>			
Controle positivo	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00
Controle negativo	6,69±0,12 <sup>a</sup>	5,27±0,12 <sup>a</sup>	0,27±0,01
15	3,35±0,10 <sup>b</sup>	4,50±0,11 <sup>a</sup>	0,00±0,00
30	0,78±0,09 <sup>c</sup>	2,03±0,12 <sup>b</sup>	0,04±0,01
<b>Efeito</b>			
NOA <sup>3</sup>	0,05	0,04	0,58
MAB <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,56
PAB <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,56
NOA*MAB <sup>4</sup>	0,41	0,05	0,45
NOA*PAB <sup>4</sup>	0,42	0,70	0,45
MAB*PAB <sup>4</sup>	0,22	0,93	0,30
NOA*MAB*PAB <sup>4</sup>	0,42	0,45	0,44
CV <sup>5</sup> , %	2,84	2,26	3,92

<sup>1</sup> NOA = Nível de óleo de andiroba. MAB = Método de aplicação do bioproduto. PAB = Período de aplicação do bioproduto.

<sup>2</sup> Todos os valores apresentados devem ser multiplicados por 10<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>4</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>5</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Quanto à presença de *Salmonella* spp. (Tabela 9), os ovos armazenados por sete dias sem bioproduto e aqueles tratados com bioproduto contendo até 10% de óleo de andiroba e aplicados por *spray* até 30 segundos apresentaram ocorrência de *Salmonella* spp. Entretanto, quando o bioproduto apresentava 15% de óleo de andiroba na sua composição e foi aplicado pelo método de *spray*, bem como quando os ovos foram imersos em bioproduto em qualquer concentração de óleo de andiroba e independente do período de aplicação empregado, não houve presença de *Salmonella* spp. nos ovos.

Tabela 9. Análise da presença de *Salmonella* spp. em ovos submetidos ao bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba, métodos e períodos de aplicação

Fatores <sup>1</sup>			Presença de <i>Salmonella</i> spp.
NOA	MAB	PAB	
1	<i>Spray</i>	15	Sim
1	<i>Spray</i>	30	Sim
5	<i>Spray</i>	15	Sim
5	<i>Spray</i>	30	Sim
10	<i>Spray</i>	15	Sim
10	<i>Spray</i>	30	Sim
15	<i>Spray</i>	15	Não
15	<i>Spray</i>	30	Não
1	Imersão	15	Não
1	Imersão	30	Não
5	Imersão	15	Não
5	Imersão	30	Não
10	Imersão	15	Não
10	Imersão	30	Não
15	Imersão	15	Não
15	Imersão	30	Não
Controle positivo			Não
Controle negativo			Sim

<sup>1</sup> NOA = Nível de óleo de andiroba. MAB = Método de aplicação do bioproduto. PAB = Período de aplicação do bioproduto

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Já a composição química dos ovos, conforme Tabela 10, revelou que o teor de minerais não foi afetado ( $p > 0,05$ ) pela aplicação do bioproduto. No entanto, um aumento nos níveis de óleo de andiroba no bioproduto resultou em uma conservação significativa ( $p < 0,05$ ) do teor de lipídios em ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente em comparação com aqueles armazenados sem bioproduto (controle negativo). Apesar do revestimento com bioproduto, houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de proteína nestes ovos em comparação aos tratamentos controle. Essa redução no teor de proteína foi consistente independentemente do método utilizado para aplicação do bioproduto ( $p < 0,05$ ) ou do período de aplicação do mesmo ( $p < 0,05$ ). Além disso, o teor

de umidade aumentou ( $p < 0,05$ ) nos ovos tratados com bioproduto, principalmente quando foi utilizada a técnica de imersão, sem diferenças significativas no tempo de aplicação.

A oxidação lipídica das gemas, também conforme os resultados apresentados na Tabela 10, mostrou que à medida que aumentou os níveis de óleo de andiroba no bioproduto, houve uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) da oxidação lipídica da gema em ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente em comparação com aqueles sem bioproduto. Gemas de ovos tratados com bioproduto com níveis mais elevados de óleo de andiroba aproximaram-se dos níveis de oxidação observados em ovos frescos. Esta redução na oxidação lipídica da gema foi observada também entre os diferentes métodos e períodos de aplicação do bioproduto avaliados, destacando sua eficácia na conservação da qualidade da gema durante o armazenamento.

Tabela 10. Composição química e oxidação lipídica da gema de ovos submetidos a bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba aplicados através de diferentes métodos e tempos de aplicação

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis				
	Umidade <sup>2</sup>	Minerais <sup>2</sup>	Lipídios <sup>2</sup>	Proteínas <sup>2</sup>	Valores de TBARS <sup>3</sup>
<b>NOA</b>					
Controle positivo	75,12±0,15	0,82±0,22	10,94±0,15 <sup>a</sup>	13,12±0,22 <sup>a</sup>	0,170±0,05 <sup>c</sup>
Controle negativo	77,12±0,19	0,89±0,13	9,64±0,26 <sup>b</sup>	12,35±0,29 <sup>b</sup>	0,242±0,09 <sup>a</sup>
1	77,43±0,25	0,82±0,21	10,42±0,13 <sup>a</sup>	11,33±0,23 <sup>c</sup>	0,221±0,19 <sup>b</sup>
5	77,51±0,29	0,78±0,13	10,70±0,26 <sup>a</sup>	11,01±0,21 <sup>c</sup>	0,216±0,09 <sup>b</sup>
10	77,33±0,27	0,77±0,18	10,71±0,21 <sup>a</sup>	11,19±0,20 <sup>c</sup>	0,206±0,05 <sup>b</sup>
15	77,23±0,31	0,82±0,17	10,47±0,22 <sup>a</sup>	11,48±0,20 <sup>c</sup>	0,196±0,08 <sup>bc</sup>
<b>MAB</b>					
Controle positivo	75,12±0,15 <sup>c</sup>	0,82±0,22	10,94±0,15	13,12±0,22 <sup>a</sup>	0,170±0,05 <sup>c</sup>
Controle negativo	75,09±0,19 <sup>c</sup>	0,89±0,13	11,67±0,26	12,35±0,29 <sup>b</sup>	0,242±0,09 <sup>a</sup>
Spray	77,12±0,23 <sup>b</sup>	0,82±0,17	10,45±0,23	11,61±0,26 <sup>c</sup>	0,215±0,08 <sup>b</sup>
Imersão	78,37±0,25 <sup>a</sup>	0,78±0,18	9,96±0,23	10,89±0,25 <sup>c</sup>	0,204±0,06 <sup>b</sup>
<b>PAB</b>					
Controle positivo	75,12±0,15 <sup>b</sup>	0,82±0,22	10,94±0,15	13,12±0,22 <sup>a</sup>	0,170±0,05 <sup>c</sup>
Controle negativo	75,09±0,19 <sup>b</sup>	0,89±0,13	11,67±0,26	12,35±0,29 <sup>b</sup>	0,242±0,09 <sup>a</sup>
15	77,58±0,26 <sup>a</sup>	0,81±0,18	10,31±0,21	11,30±0,22 <sup>c</sup>	0,210±0,09 <sup>b</sup>
30	77,92±0,29 <sup>a</sup>	0,79±0,25	10,09±0,25	11,20±0,23 <sup>c</sup>	0,208±0,08 <sup>b</sup>
<b>Efeito</b>					
NOA <sup>4</sup>	0,14	0,66	0,05	0,05	0,01
MAB <sup>4</sup>	0,01	0,38	0,14	0,01	0,03
PAB <sup>4</sup>	0,05	0,64	0,42	0,05	0,01
NOA*MAB <sup>5</sup>	0,16	0,65	0,73	0,29	0,79
NOA*PAB <sup>5</sup>	0,53	0,08	0,34	0,23	0,99
MAB*PAB <sup>5</sup>	0,42	0,60	0,88	0,83	0,65
NOA*MAB*PAB <sup>5</sup>	0,94	0,93	0,92	0,93	0,95
CV <sup>6</sup> , %	1,47	7,02	6,01	7,27	7,12

<sup>1</sup> NOA = Nível de óleo de andiroba. MAB = Método de aplicação do bioproduto. PAB = Período de aplicação do bioproduto.

<sup>2</sup> Todos os valores apresentados estão expressos em %.

<sup>3</sup> Todos os valores apresentados estão expressos em mg TMP/kg.

<sup>4</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>5</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>6</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

A análise sensorial dos ovos, conforme os resultados apresentados na Tabela 11, revelou uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) na aceitação sensorial à medida que o nível de óleo de andiroba dentro do bioproduto aumentava. Esta redução foi mais pronunciada em termos de aroma, cor, aparência e sabor quando comparada aos ovos dos controles positivos e negativos. Os ovos imersos no bioproduto apresentaram aceitação sensorial significativamente maior ( $p < 0,05$ ) para aroma, cor, aparência e sabor segundo os julgadores, em contraste com os ovos tratados por *spray* ou do controle negativo. Além disso, o prolongamento do tempo de exposição dos ovos ao bioproduto resultou em notável declínio ( $p < 0,05$ ) na aceitação sensorial, principalmente nos aspectos relacionados ao aroma, cor, aparência e sabor, avaliados pelos provadores.

Tabela 11. Análise sensorial de ovos submetidos a bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba aplicados através de diferentes métodos e tempos de aplicação

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis			
	Aroma	Cor	Aparência	Sabor
<b>NOA</b>				
Controle positivo	6,50±0,15 <sup>a</sup>	6,60±0,16 <sup>a</sup>	6,80±0,26 <sup>a</sup>	7,50±0,23 <sup>a</sup>
Controle negativo	5,10±0,06 <sup>c</sup>	6,20±0,09 <sup>a</sup>	5,80±0,18 <sup>b</sup>	5,70±0,20 <sup>c</sup>
1	5,77±0,15 <sup>b</sup>	5,72±0,18 <sup>b</sup>	5,25±0,22 <sup>b</sup>	6,52±0,15 <sup>b</sup>
5	5,17±0,08 <sup>bc</sup>	5,70±0,29 <sup>b</sup>	5,45±0,08 <sup>b</sup>	6,20±0,29 <sup>b</sup>
10	5,35±0,13 <sup>b</sup>	5,67±0,25 <sup>b</sup>	5,72±0,23 <sup>b</sup>	6,07±0,20 <sup>b</sup>
15	5,07±0,05 <sup>c</sup>	5,00±0,23 <sup>c</sup>	4,50±0,25 <sup>c</sup>	5,27±0,18 <sup>c</sup>
<b>MAB</b>				
Controle positivo	6,50±0,15 <sup>a</sup>	6,60±0,16 <sup>a</sup>	6,80±0,26 <sup>a</sup>	7,50±0,23 <sup>a</sup>
Controle negativo	5,10±0,06 <sup>c</sup>	6,20±0,09 <sup>b</sup>	5,80±0,18 <sup>b</sup>	5,70±0,20 <sup>c</sup>
<i>Spray</i>	5,16±0,08 <sup>c</sup>	5,18±0,09 <sup>c</sup>	4,67±0,26 <sup>c</sup>	6,12±0,21 <sup>b</sup>
Imersão	5,52±0,19 <sup>b</sup>	5,86±0,24 <sup>b</sup>	5,78±0,23 <sup>b</sup>	5,91±0,23 <sup>b</sup>
<b>PAB</b>				
Controle positivo	6,50±0,15 <sup>a</sup>	6,60±0,16 <sup>a</sup>	6,80±0,26 <sup>a</sup>	7,50±0,23 <sup>a</sup>
Controle negativo	5,10±0,06 <sup>c</sup>	6,20±0,09 <sup>a</sup>	5,80±0,18 <sup>b</sup>	5,70±0,20 <sup>c</sup>
15	5,52±0,19 <sup>b</sup>	5,64±0,17 <sup>b</sup>	5,49±0,08 <sup>c</sup>	6,16±0,25 <sup>b</sup>
30	5,16±0,08 <sup>c</sup>	5,41±0,13 <sup>b</sup>	4,97±0,19 <sup>c</sup>	5,87±0,26 <sup>c</sup>
<b>Efeito</b>				
NOA <sup>2</sup>	0,04	0,05	0,02	0,02
MAB <sup>2</sup>	0,05	0,02	0,01	0,05
PAB <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,04	0,05
NOA*MAB <sup>3</sup>	0,98	0,84	0,57	0,47
NOA*PAB <sup>3</sup>	0,50	0,57	0,39	0,73
MAB*PAB <sup>3</sup>	0,72	0,76	0,25	0,12
NOA*MAB*PAB <sup>3</sup>	0,83	0,90	0,91	0,88
CV <sup>4</sup> , %	3,62	3,80	4,16	3,60

<sup>1</sup> NOA = Nível de óleo de andiroba. MAB = Método de aplicação do bioproduto. PAB = Período de aplicação do bioproduto.

<sup>2</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>3</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>4</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

## 11. DISCUSSÃO

Em primeiro lugar, os resultados observados na composição do óleo de andiroba são consistentes com aqueles descritos na literatura (Milhomem-Paixão *et al.*, 2017; Araújo-Lima *et al.*, 2018; Silva, 2018; Sousa *et al.*, 2022; Dias *et al.*, 2023) e com recomendações de agências reguladoras quanto à qualidade dos óleos vegetais (Brasil, 2005; Comissão Codex Alimentarius, 2009; Marques *et al.*, 2016; Silva, 2018). A análise cromatográfica revelou que o ácido oleico (45,43%) foi o principal ácido graxo insaturado observado na composição do óleo de andiroba utilizado neste estudo, enquanto o ácido palmítico (28,44%) foi o principal ácido graxo saturado.

A literatura ressalta a riqueza do óleo de andiroba em ácidos graxos (Milhomem-Paixão *et al.*, 2017; Araújo-Lima *et al.*, 2018; Silva, 2018; Melo *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2022), corroborando a dados adquiridos neste estudo, destacando que as atividades biológicas do óleo de andiroba estão associadas tanto aos seus ácidos graxos (oleico, palmítico, esteárico e linoléico) quanto a componentes menores insaponificáveis, notadamente triterpenóides como os limonóides (Cabral *et al.*, 2013; Vaucher *et al.*, 2015; Moraes *et al.*, 2018; Silva, 2018; Nascimento *et al.*, 2019; Dias *et al.*, 2023), substâncias também identificadas por meio de análise cromatográfica.

Quanto aos resultados gerais do estudo a partir da aplicação do bioproduto nos ovos, verificou-se que níveis mais elevados de óleo de andiroba no bioproduto contribuíram para o desenvolvimento de uma película protetora adicional na casca do ovo, levando à melhor conservação de seus atributos físicos, assim como o método de imersão destacou-se como o melhor método de aplicação e o período de 30 segundos como o melhor tempo de aplicação. A literatura reporta que essa melhora ocasionada pela cutícula protetora adicional que cobre a superfície da casca do ovo devido a aplicação de um bioproduto ou biorevestimento ocorre majoritariamente pelo recobrimento dos poros, o que dificulta a passagem de água e bactérias, conseqüentemente, conservando por mais tempo a qualidade destes ovos (Muñoz *et al.*, 2015; Eddin *et al.*, 2019; Pires *et al.*, 2020).

Esses achados estão alinhados com os relatados por Mendonça *et al.* (2013), que avaliaram a qualidade de ovos revestidos com soluções contendo 10% de própolis ou óleo mineral e encontraram maior perda de peso dos ovos em ovos não revestidos. Da mesma forma, Salgado *et al.* (2018) observaram perda de peso mais pronunciada em ovos não revestidos em comparação com aqueles revestidos com óleo mineral. O aumento da espessura da casca dos ovos tratados com bioproducto neste estudo apoia esta observação, assim como os resultados relacionados à porcentagem de albúmen, gema e altura do albúmen, coloração da gema e a menor perda de peso (ou maior retenção de peso do ovo) em ovos armazenados por sete dias com bioproducto. De acordo com Biladeau e Keener (2009), os revestimentos lipofílicos, tal como aquele testado neste estudo, evitam a entrada de água pelos poros da casca do ovo, auxiliando na conservação do conteúdo interno do ovo.

Além disso, é importante ressaltar que o declínio significativo na qualidade física dos ovos armazenados sem bioproducto e daqueles tratados com bioproducto contendo níveis mais baixos de óleo de andiroba, principalmente quando pulverizados e com menor tempo de aplicação, pode ser atribuído à sua maior vulnerabilidade a microrganismos que esses ovos ficaram submetidos, afetando sua qualidade bacteriológica. A técnica de pulverização por *spray* e o menor tempo de aplicação podem não cobrir uniformemente todas as superfícies dos ovos, explicando a eficiência da imersão na cobertura de todas as áreas.

Nesse sentido, Staldelman *et al.* (1988) reporta que a deterioração da qualidade dos ovos durante o armazenamento é um processo natural, principalmente devido à elevação da permeabilidade da membrana à temperatura ambiente e à medida que o tempo de armazenamento se prolonga. Essa condição favorece a migração da água do albúmen para a gema, o que pode proporcionar mais tempo para a ação bacteriana. Além disso, o teor excessivo de água pode levar ao aumento do volume da gema, o que enfraquece a sua membrana. Consequentemente, a gema fica mais planificada quando acomodada em uma superfície plana quando o ovo é quebrado, conforme observado nos resultados deste estudo (Santos *et al.*, 2016).

Por outro lado, a redução gradual das concentrações bacterianas com o aumento dos níveis de óleo de andiroba no bioproducto, principalmente quando se utiliza a técnica de imersão e com maior tempo de aplicação, destaca a eficiência do biofilme em criar

uma barreira protetora adicional sobre os ovos, conservando seu conteúdo (Eddin *et al.*, 2019; Pires *et al.*, 2020). Em consonância com isso, Meccia *et al.* (2013) observaram atividade inibitória do óleo de andiroba contra *S. aureus* e *E. coli* quando utilizado na concentração de 400 µg/mL. Enquanto isso, Conde *et al.* (2015) investigando a atividade antimicrobiana *in vitro* do óleo de andiroba, observaram a capacidade deste de inibir a adesão microbiana em níveis de MICA (Concentração Inibitória Mínima de Aderência), com concentrações variando de 100 a 500 mg/mL. Já Araújo-Lima *et al.* (2018), avaliando o óleo de andiroba obtido através de três métodos diferentes (óleo 1: prensado de sementes secas em temperatura ambiente; óleo 2: obtido por autoclave, secagem e prensagem; óleo 3: extraído pelo método Soxhlet a 30-60 °C usando éter de petróleo), observaram efeitos citotóxicos contra as cepas de *Salmonella*.

Diante disso, pode-se afirmar que o uso do bioproduto à base de óleo de andiroba pode estabelecer tanto uma barreira eficiente para evitar a perda natural de água quanto restringir a entrada de microrganismos externos nos ovos, conservando seu conteúdo interno e mantendo a qualidade física e bacteriológica muito semelhante aos ovos recém coletados. Este processo pode retardar o declínio natural da qualidade dos ovos, prolongando o período de armazenamento dos ovos, principalmente à temperatura ambiente.

Também é importante salientar que a eficácia da barreira estabelecida pelo bioproduto na conservação do conteúdo interno dos ovos também influenciou na sua composição química. Porém, observou-se que esta conservação impactou principalmente os lipídios predominantemente presentes nas gemas dos ovos. Conforme relatado por Cindric *et al.* (2007), revestimentos à base de lipídios apresentam propriedades hidrofóbicas que impedem a perda de umidade e a entrada de oxigênio externo no ovo. Como resultado, este “escudo protetor” adicional contra o movimento do oxigênio protege de forma mais eficaz os lipídios do conteúdo interno do ovo contra a oxidação.

Contudo, durante longos períodos de armazenamento, independentemente do método de conservação utilizado, a proporção de albumina líquida tende a aumentar em detrimento da porção mais densa. Esta fluidização e perda de viscosidade no albúmen denso são atribuídas à hidrólise das cadeias de aminoácidos (Moreng; Avens, 1990). A degradação dessas cadeias leva à liberação de água ligada a grandes moléculas proteicas, como a albumina presente nos ovos (Rêgo *et al.*, 2012; Pissinati *et al.*, 2014; Salgado *et*

*al.*, 2018), reduzindo conseqüentemente o teor de proteína nos ovos, um processo também chamado de desnaturação de proteínas.

A água liberada durante o processo de hidrólise de aminoácidos dentro do albúmen tende a migrar em direção à gema (Ordóñez, 2005; Oliveira; Oliveira, 2013). Conseqüentemente, a gema absorve a água liberada pela decomposição das proteínas, resultando em uma gema mais plana, pesada, menos centralizada e com densidade reduzida (Oliveira; Oliveira, 2013). Neste momento, torna-se evidente que a barreira protetora aumentada fornecida pelo bioproduto contribui para este processo de perda de fluidez e alteração na estrutura do albúmen, levando em última análise a um declínio na concentração de proteínas no conteúdo nutricional dos ovos.

Nesse sentido, os revestimentos à base de lipídios criam um escudo hidrofóbico, prevenindo efetivamente a perda de umidade e a infiltração de oxigênio externo no ovo (Rêgo *et al.*, 2012; Pissinati *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 2018). Esta barreira desempenha um papel crucial na salvaguarda dos lipídios predominantemente encontrados nas gemas dos ovos, contribuindo para a redução da atividade de oxidação lipídica durante o armazenamento (Pissinati *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 2018). Como resultado, os ovos tratados com bioproduto, especialmente com níveis mais elevados de óleo de andiroba, apresentam níveis mais baixos de oxidação lipídica na gema, aproximando-se daqueles observados em ovos frescos. Este mecanismo protetor garante que a qualidade e o frescor dos lipídios dos ovos sejam conservados, tornando o bioproduto uma ferramenta eficaz na mitigação da oxidação lipídica durante o armazenamento dos ovos.

Por fim, os ovos tratados com bioproduto contendo níveis mais elevados de óleo de andiroba exibiram atributos sensoriais comprometidos em comparação com aqueles dos controles experimentais. Este declínio pode ser atribuído a dois fatores: a transferência de propriedades organolépticas do óleo de andiroba para os ovos e/ou a influência do biofilme criado pelo bioproduto nas interações do conteúdo interno do ovo (Biladeau; Keener, 2009; Eddin *et al.*, 2019). O método de aplicação também desempenhou um papel crucial nos resultados sensoriais. Os ovos tratados por imersão receberam pontuações de aceitação sensorial significativamente mais altas para aroma, cor, aparência e sabor, enquanto os ovos submetidos ao método de *spray* ou do controle negativo tiveram pontuações comparativamente mais baixas.

Isto sugere a superioridade da técnica de imersão também na manutenção ou melhoria das qualidades sensoriais (Biladeau; Keener, 2009; Pissinati *et al.*, 2014; Eddin *et al.*, 2019). Outra observação essencial foi a relação entre o tempo de aplicação do bioproduto e a aceitação sensorial. A exposição dos ovos ao bioproduto por maior tempo de aplicação levou a uma redução significativa na aceitação sensorial em comparação aos controles, indicando os potenciais efeitos adversos nos atributos sensoriais com contato prolongado (Pires *et al.*, 2015; Eddin *et al.*, 2019).

## 12. CONCLUSÃO

Os resultados desta etapa da pesquisa indicaram que o uso do bioproduto melhorou significativamente a conservação dos atributos físicos, bacteriológicos e químicos em ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente, com o efeito se tornando mais pronunciado à medida que o nível de óleo de andiroba no bioproduto aumentou. A imersão dos ovos no bioproduto foi mais eficaz que o método de pulverização por *spray*, principalmente com tempo de aplicação de 30 segundos. No entanto, é essencial considerar o impacto do bioproduto nos atributos sensoriais, uma vez que níveis mais elevados de óleo de andiroba e tempos de aplicação mais longos podem levar à redução da aceitação sensorial.

## 13. REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy**. 4<sup>a</sup> ed. Northbrook, IL, USA: Allured, 2017.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: official methods of analysis of AOAC International. 21<sup>a</sup> ed. Washington, DC: AOAC, 2019.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 7<sup>a</sup> ed. Champaign: AOCS, 2017.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 8<sup>a</sup> ed. Champaign: AOCS, 2022.
- ARAÚJO-LIMA, C.F.; FERNANDES, A.S.; GOMES, E.M.; OLIVEIRA, L.L.; MACEDO, A.F.; ANTONIASSI, R.; WILHELM, A.E.; AIUB, C.A.F.; FELZENSZWALB, I. Antioxidant activity and genotoxic assessment of crabwood

(andiroba, *Carapa guianensis* Aublet) seed oils. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 3246719, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3246719>

BERKHOFF, J.; ALVARADO-GILIS, C.; KEIM, J.P.; ALCALDE, J.A., VARGAS-BELLO-PÉREZ, E., GANDARILLAS, M. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. **Poultry Science**, v. 99, n. 11, p. 6239-6246, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>

BILADEAU, A.M.; KEENER, K.M. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. **Poultry Science**, v. 88, n. 6, p. 1266-1274, 2009. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>

BRAZIL. RDC nº 270 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária de 22 de setembro de 2005. **Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e cremes vegetais.** Disponível em:

[https://bvsm.sau.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270\\_22\\_09\\_2005.html](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270_22_09_2005.html).

Acesso em: 6 jul. 2023.

BRASIL. Instrução Normativa nº 30 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 26 de junho de 2018. **Estabelece como oficiais os métodos contidos no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal.** Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=364426#:~:text=Estabelece%20como%20oficiais%20os%20m%C3%A9todos,que%20lhe%20confere%20o%20art.> Acessado em 21 nov. 2023.

BRASIL, R.J.M.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; OLIVEIRA FILHO, P.A., FREITAS, B.K.M., VIANA FILHO, G.B. Physical-chemical and sensorial quality of eggs coated with copaiba oil biofilm and stored at room temperature for different periods. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 4, p. 1-6, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0930>

CABRAL, E.C.; CRUZ, G.F.; SIMAS, R.C.; SANVIDO, B.G.; GONÇALVES, V.L.; LEAL, V.P.R.; SILVA, F.C.R.; SILVA, T.C.J.; BARATA, S.E.L.; CUNHA, S.V.; FRANÇA, F.L.; DARODA, J.R.; SÀ, F.G.; EBERLIN, N.M. Typification and quality control of the andiroba (*Carapa guianensis*) oil via mass spectrometry fingerprinting. **Analytical Methods**, v. 5, n. 6, p. 1385-1391, 2013. <https://doi.org/10.1039/C3AY25743F>.

- CINDRIC, I.J.; ZEINER, M.; STEFFAN, I. Trace elemental characterization of edible oils by ICP–AES and GFAAS. **Microchemical Journal**, v. 85, n. 1, p. 136-139, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2006.04.011>
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex-Stan 210: codex standard for named vegetable oils**. Roma: FAO/WHO Food Standards, 2009.
- CONDE, N.C.O.; PEREIRA, M.S.V.; BANDEIRA, M.F.C.L.; VENÂNCIO, G.N.; OLIVEIRA, G.P.; SAMPAIO, F.C. *In vitro* antimicrobial activity of plants of the Amazon on oral biofilm micro-organisms. **Revista Odonto Ciência**, v. 30, n. 4, p. 179-183, 2015. <https://doi.org/10.15448/1980-6523.2015.4.17794>
- DIAS, K.K.B.; CARDOSO, A.L.; COSTA, A.A.F.; PASSOS, M.F.; COSTA, C.E.F.; ROCHA FILHO, G.N.; ANDRADE, E.H.A.; LUQUE, R.; NASCIMENTO, L.A.S.; NORONHA, R.C.R. Biological activities from andiroba (*Carapa guianensis* Aublet) and its biotechnological applications: A systematic review. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 16, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104629>
- EDDIN, A.S.; IBRAHIM, S.A.; TAHERGORABI, R. Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. **Food Chemistry**, v. 296, p. 29-39, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.182>
- HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **U.S. Egg Poultry Magazine**, v. 43, p. 552-555, 1937.
- HAYAT, Z.; CHERIAN, G.; PASHA, T.; KHATTAK, F.M.; JABBAR, M.A. Sensory evaluation and consumer acceptance of eggs from hens fed flax seed and 2 different antioxidants. **Poultry Science**, v. 89, n. 10, p. 2293-2298, 2010. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00575>
- LOGAN, M. **Biostatistical design and analysis using R: a practical guide**. New Jersey, US: John Wiley & Sons Ltd; 2010.
- MARQUES, E.P.; CAVALCANTE, G.H.R.; CAVALCANTE, K.S.B.; MARTINIANO, L.C.; MARQUES, A.L.B. Viscosimetric study of andiroba oil-based polyols (*Carapa Guianensis* Aubl). **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 926-944, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160067>
- MECCIA, G.; QUINTERO, P.; ROJAS, L.B.; USUBILLAGA, A.; VELASCO, J.; DIAZ, T.; DIAZ, C.; VELÁSQUEZ, J.; TORO, M. Chemical composition of the essential oil from the leaves of *Carapa guianensis* collected from Venezuelan Guayana and the

antimicrobial activity of the oil and crude extracts. **Natural Product Communications**, v. 8, v. 11, p. 1641-1642, 2013.

MELO, K.M.; OLIVEIRA, L.F.S.; ROCHA, R.M.; FERREIRA, M.A.P.; FASCINELI, M.L.; MILHOMEM-PAIXÃO, S.S.R.; GRISOLIA, C.K.; SANTOS, A.S.; SALGADO, H.L.C.; MUEHLMANN, L.A.; AZEVEDO, R.B.; PIECZARKA, J.C.; NAGAMACHI, C.Y. Andiroba oil and nanoemulsion (*Carapa guianensis* Aublet) reduce lesion severity caused by the antineoplastic agent doxorubicin in mice. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 138, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111505>

MENDONÇA, M.O.; REIS, R.S.; BARRETO, S.L.T.; MUNIZ, J.C.L.; VIANA, G.S.; MENCALHA, R.; FERREIRA, R.C.; RIBEIRO, C.L.N. Quality of quail eggs submitted or not to surface treatment of the shell stored in different environments. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 195-208, 2013.

MILHOMEM-PAIXÃO, S.S.R.; FASCINELI, M.L.; MUEHLMANN, L.A.; MELO, K.M.; SALGADO, H.L.C.; JOANITTI, G.A.; PIECZARKA, J.C.; AZEVEDO, R.B.; SANTOS, A.S.; GRISOLIA, C.K. Andiroba oil (*Carapa guianensis* Aublet) nanoemulsions: development and assessment of cytotoxicity, genotoxicity, and hematotoxicity. **Journal of Nanomaterials**, v. 1, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/4362046>

MORAES, A.R.D.P.; TAVARES, G.D.; SOARES ROCHA, F.J.; PAULA, E.; GIORGIO, S. Effects of nanoemulsions prepared with essential oils of copaíba and andiroba against *Leishmania infantum* and *Leishmania amazonensis* infections. **Experimental Parasitology**, v. 187, p. 12-21, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2018.03.005>

MORENG, R.E.; AVENS, J.S. **Anatomia e fisiologia das aves**. In: MORENG, R.E.; AVENS, J.S. Ciência e produção de aves. São Paulo: Roca, 1990. p. 43-75.

MUÑOZ, A.; DOMINGUEZ-GASCA, N.; JIMENEZ-LOPEZ, C.; RODRIGUEZ-NAVARRO, A.B. Importance of eggshell cuticle composition and maturity for avoiding trans-shell *Salmonella* contamination in chicken eggs. **Food Control**, v. 55, p. 31-38, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.028>

NASCIMENTO, G.O.; SOUZA, D.P.; SANTOS, A.S.; BATISTA, J.; RATHINASABAPATHI, B.; GAGLIARD, R.P.; GONÇALVES, C.F.J. Lipidomic profiles from seed oil of *Carapa guianensis* Aubl. and *Carapa vasquezii* Kenfack and

- implications for the control of phytopathogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 67-73, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.069>
- OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, D. **Qualidade e tecnologia dos ovos**. Lavras: Editora UFLA, 2013.
- ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- PIRES, P.G.S.; PIRES, P.D.S.; CARDINAL, K.M.; BAVARESCO, C. The use of coatings in eggs: A systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 312-321, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.019>
- PISSINATI, A.; OBA, A.; YAMASHITA, F.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; ROMAN, J.M.M. Internal quality of eggs subjected to different types of coating and stored for 35 days at 25 °C. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 531-540, 2014. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p531>
- RAMANATHAN, L.; DAS, N.P. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. **Journal of Food Chemistry**, v. 40, n. 1, p. 17-21, 1992. <https://doi.org/10.1021/jf00013a004>
- RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influence of storage period on refrigerated pasteurized whole egg quality. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 3, p. 735-742, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000300027>
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, Brasil: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- SALGADO, H.R.; MENDONÇA, M.O.; MOURA, G.R.S.; MADELLA, G.S.; BASTOS, F.L.; FREITAS, I.S.; SILVA, V.R.O. Physicochemical and sensorial quality of hen's eggs submitted to surface treatment of the stored under refrigeration. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 124-135, 2018. <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i2.484>

SANTOS, J.S.; MACIEL, L.G.; SEIXA, V.N.C.; ARAÚJO, J.A. Parâmetros avaliativos da qualidade física de ovos de codornas (*Coturnix coturnix japonica*) em função das características de armazenamento. **Revista Desafios**, v. 3, n. 1, p. 54-67, 2016.

SILVA, L.R. Physico-chemical properties and profile of Andiroba oil fatty acids. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 147-152, 2018. <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i2.4729>

SOUSA, R.L.; MIRANDA, A.U.S.; CORDEIRO, Y.E.M.; PEREIRA, M.G. Extraction and commercialization of Crabwood oil (*Carapa guianensis* Aublet.) in the Island of Onças community in the municipality of Barcarena, Pará, Brazil. **Interações**, v. 20, p. 879-889, 2019. <https://doi.org/10.20435/inter.v0i0.1826>

SOUSA, R.L.; SILVA, S.G.; COSTA, J.M.; COSTA, W.A.; MAIA, A.A.B.; OLIVEIRA, M.S.; ANDRADE, E.H.A. Chemical profile of manually extracted andiroba oil (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) from Mamangal community, located in Igarapé-Miri, Pará, Brazil. **Scientia Plena**, v. 17, n. 12, p. 127201, 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.127201>

VAUCHER, R.A.; GIONGO, J.L.; BOLZAN, L.P.; CÔRREA, M.S.; FAUSTO, V.P.; ALVES, C.F.S.; LOPES, L.Q.S.; BOLIGON, A.A.; ATHAYDE, M.L.; MOREIRA, A.P.; BRANDELLI, A.; RAFFIN, R.P.; SANTOS, R.C.V. Antimicrobial activity of nanostructured Amazonian oils against *Paenibacillus* species and their toxicity on larvae and adult worker bees. **Journal of Asia Pacific Entomology**, v. 18, p. 205-210, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2015.01.004>

VYNCKE, B.W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084-1087, 1970. <https://doi.org/10.1002/lipi.19700721218>

## CAPÍTULO IV - AVALIAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ÓLEO NA COMPOSIÇÃO DO BIOPRODUTO SOBRE A QUALIDADE DOS OVOS

Este artigo foi publicado sob o seguinte referencial: RUFINO, J.P.F.; ARAÚJO, B.S.; CARNEIRO, S.B.; LIMA, E.S.; GUIMARÃES, C.C.; SILVA JR, J.L.; CHAVES, F.A.L.; MENDONÇA, M.A.F.; COSTA NETO, P.Q. Quality of eggs covered with biofilms containing different levels of andiroba oil and stored at room temperature. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 26, p. 1-8, 2024. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2023-1887>

### 14. MATERIAL E MÉTODOS

A presente etapa da pesquisa foi conduzida no Setor de Avicultura e no Laboratório de Tecnologia do Pescado da FCA, localizada no setor Sul do campus universitário da UFAM, Manaus, Amazonas, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (Protocolo nº 23105.015643/2024-61).

#### 14.1. Aquisição do óleo de andiroba e formulação do bioproduto

O óleo de andiroba utilizado nesta etapa do estudo, assim como na anterior, foi obtido a partir de sementes da andiroba (*C. guianensis*) por meio de prensagem mecânica, rendendo aproximadamente 500 g de óleo não filtrado por kg de semente (Sousa *et al.*, 2022). Foram considerados os resultados das determinações físico-químicas e a caracterização química do óleo de andiroba realizadas anteriormente conforme os métodos descritos por Adams (2017), AOCS (2017; 2022) e Sousa *et al.* (2022).

Assim como na etapa anterior, a produção do bioproduto obedeceu à adição do óleo de andiroba em recipiente plástico graduado com capacidade de 1 L de acordo com o nível de óleo de andiroba pré-determinado, com a posterior inclusão do tensoativo (*Tween 20*) enquanto ambos eram agitados e, por fim, de água destilada enquanto a solução era novamente agitada para melhor diluição. As soluções de bioproduto obtidas foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 1 L, com as fórmulas do bioproduto a base de óleo de andiroba (BPOA), assim como na etapa anterior, sendo calculadas de acordo com a seguinte equação:

$$BPOA = OA + 10TEN + AD + AP$$

Onde:

OA = % de óleo de andiroba de acordo com os tratamentos.

10TEN = percentual fixo de 10% de tensoativo (*Tween 20*).

AD = % de água destilada para completar a fórmula.

AP = percentual fixo de 0,01% de ácido propiônico

## **14.2. Ovos, arranjo experimental e aplicação do bioproduto**

Os ovos foram obtidos de poedeiras comerciais Hissex Brown com 56 semanas de idade e alojadas em gaiolas (1,00x0,45x0,45 m) com densidade de estocagem de 0,16 aves/m<sup>2</sup>. As poedeiras foram manejadas com dietas formuladas de acordo com as recomendações nutricionais de Rostagno *et al.* (2017). Elas tiveram acesso à água *ad libitum* e foram manejados de acordo com as orientações do manual da linhagem.

Os ovos foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso, onde os tratamentos consistiram de um grupo controle (ovos armazenados por sete dias sem aplicação do bioproduto) e ovos revestidos por biofilmes produzidos pela aplicação do bioproduto com diferentes níveis de óleo de andiroba (1, 5, 10 e 15%), com 50 ovos (repetições) cada. Para aplicação do bioproduto, os ovos foram imersos em recipiente esterilizado contendo o bioproduto por 30 segundos. Em seguida, os ovos foram armazenados por sete dias à temperatura ambiente com condições ambientais controladas apresentando médias de 22,4 °C (72,32 °F) de temperatura e 55% de umidade relativa do ar. Após o término deste período, foram realizadas as análises experimentais.

## **14.3. Análises experimentais**

### **14.3.1. Qualidade física**

Cinco ovos de cada tratamento foram submetidos à análise de qualidade física conforme métodos descritos por Brasil *et al.* (2019). Foi mensurado o peso do ovo; percentagens, alturas, circunferências e valores de pH da gema e do albúmen; coloração da gema em uma escala de 1 a 15 utilizando leque graduado (ROCHE<sup>®</sup>); características da casca do ovo incluindo peso, porcentagem e espessura (medidas nas regiões basal, meridional e apical). A unidade Haugh foi calculada de acordo com a fórmula descrita por Haugh (1937).

### 14.3.2. Concentrações bacteriológicas

Os procedimentos para análise das concentrações bacteriológicas foram realizados de acordo com a normativa-padrão da legislação brasileira (Brasil, 2018). Amostras padronizadas foram preparadas coletando-se o conteúdo interno de cinco ovos de cada tratamento, homogeneizando-o por 60 segundos e criando diluições de  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$  com água peptonada tamponada a 1%.

Para contagem total do mesófilo, amostras das diluições selecionadas foram inoculadas em placas de Petri com *Plate Count Agar* e incubadas a 36 °C por 48 horas. O resultado foi expresso em Unidades Formadoras de Colônias por 1,0 g de amostra (UFC/g). Para avaliação de *E. coli*, amostras das diluições foram inoculadas em tubos de ensaio e incubadas a 36 °C. Os resultados positivos foram confirmados por testes subsequentes e expressos como Número Mais Provável por grama (NMP/g). A contagem de *S. aureus* foi determinada inoculando amostras das diluições em placas de ágar *Baird-Parker*, seguida de incubação a 36 °C por 48 horas. O resultado foi expresso em Unidades Formadoras de Colônias por 1,0 g de amostra (UFC/g). A análise de *Salmonella* spp. foi realizada por meio de pré-enriquecimento, caldos seletivos e testes PCR para diagnóstico e confirmação.

### 14.3.3. Composição química e oxidação lipídica da gema

Cinco ovos de cada tratamento foram submetidos à análise de composição química, que incluiu avaliação dos teores de umidade (%), minerais (%), gorduras (%) e proteínas (%). Estas análises foram realizadas seguindo os métodos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). O teor de umidade foi determinado usando o método AOAC 925.10 (2019), enquanto o de minerais através de calcinação em mufla seguindo o método AOAC 923.03 (2019), com o de gorduras usando o método AOCS Ba 3-38 e o de proteínas sendo analisado através do método Kjeldahl de acordo com a metodologia AOAC 920.87 (2019).

Outros cinco ovos de cada tratamento foram utilizados para avaliar o potencial de oxidação lipídica da gema (análise de TBARS). Os ovos foram quebrados e as gemas foram separadas e congeladas. Posteriormente, as gemas congeladas foram submetidas à liofilização, onde a água e outros solventes foram removidos por sublimação, contornando o estado líquido. As gemas desidratadas foram então submetidas à análise

de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) para medir o grau de oxidação lipídica utilizando uma versão modificada da metodologia descrita por Vyncke (1970) e adaptada por Ramanathan e Das (1992).

#### **14.3.4. Análise sensorial**

Cinco ovos de cada tratamento, totalizando 25 ovos, foram utilizados para análise sensorial. Esses ovos foram cozidos, resfriados retirando-os da água quente e colocando-os em água fria por três minutos e, então, descascados, cortados ao meio e, posteriormente, dividindo-os em quatro partes. As amostras foram colocadas em pratos com números de identificação aleatórios conhecidos apenas pelos pesquisadores (Hayat *et al.*, 2010), submetendo-as a vinte provadores não treinados realizarem a análise sensorial após um período de três horas sem consumir alimentos ou fumar.

Para evitar distorções quanto a características como a cor da casca dos ovos, os provadores não tiveram contato visual com as cascas dos ovos ou outras características prévias dos ovos. Os provadores avaliaram os ovos quanto à aparência, cor da gema, aroma e sabor usando uma escala hedônica variando de 1 a 9 para cada atributo (Berkhoff *et al.*, 2020).

#### **14.4. Análise estatística**

Os dados foram inicialmente avaliados quanto à normalidade e foram aplicadas as transformações necessárias. Posteriormente, foi realizada ANOVA *one-way* utilizando o *software* R (versão 4.1.3) seguindo as diretrizes de Logan (2010). Primeiro, o teste de diferença honestamente significativa de Tukey foi utilizado para testar as diferenças significativas entre os valores médios. Os resultados foram apresentados como médias e o nível de significância para diferenças foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

Em seguida, foi aplicada regressão polinomial às variáveis que apresentaram significância na ANOVA para analisar a influência da variável independente sobre cada variável dependente testada. Foram construídos modelos lineares e quadráticos para cada variável dependente testada, sendo a escolha do modelo que melhor se adequava ao conjunto de dados feita de acordo com os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), sendo que o maior valor deste coeficiente indicou o melhor modelo (Chatterjee, 2006). A análise de correlação também foi aplicada entre a variável independente (níveis de óleo

de andiroba) e cada variável dependente para determinar a intensidade e a direção de sua relação (variação de -1 a 1) (Dormann *et al.*, 2013).

## 15. RESULTADOS

A Tabela 12 apresenta os resultados médios para a qualidade física dos ovos. O uso bioproduto teve impacto significativo ( $p < 0,05$ ) no peso dos ovos e nas porcentagens de gema, albúmen e casca. Níveis aumentados de óleo de andiroba no bioproduto resultaram em ovos mais pesados com maiores porcentagens de gema e casca. Porém, também causou redução linear ( $p < 0,05$ ) na porcentagem de albúmen. Além disso, níveis mais elevados de óleo de andiroba no bioproduto levaram a resultados significativamente melhores ( $p < 0,05$ ) na altura da gema e do albúmen, na coloração da gema, nos valores de pH da gema e do albúmen, na espessura da casca e na unidade Haugh em ovos armazenados por sete dias em comparação com aqueles armazenados sem bioproduto (controle). No entanto, o diâmetro da gema apresentou aumento linear ( $p < 0,05$ ) com o aumento dos níveis de óleo de andiroba no bioproduto.

As concentrações bacteriológicas nos ovos são apresentadas na Tabela 13. Os ovos armazenados por sete dias sem o uso de bioproduto exibiram concentrações bacterianas significativamente maiores ( $p < 0,05$ ). Níveis aumentados de óleo de andiroba no bioproduto mostraram-se eficazes na redução linear ou eliminação completa das concentrações de mesófilos, *E. coli* e *S. aureus* em ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente, especialmente quando níveis mais elevados de óleo de andiroba foram utilizados. Quanto à presença de *Salmonella* spp., os ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente sem bioproduto apresentaram ocorrências de *Salmonella* spp. A *Salmonella* spp. esteve ausente quando o bioproduto foi empregado, independentemente do nível de óleo de andiroba testado.

A composição química dos ovos, conforme Tabela 14, revelou que o conteúdo mineral não foi afetado ( $p > 0,05$ ) pela aplicação do bioproduto à base de óleo de andiroba. No entanto, aumento nos níveis de óleo de andiroba dentro do bioproduto resultou em conservação linear positiva ( $p < 0,05$ ) do teor de gordura em ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente em comparação com aqueles armazenados sem bioproduto (controle). Apesar do revestimento com o bioproduto, houve redução linear ( $p < 0,05$ ) no teor de proteína nesses ovos em comparação ao controle. Além disso, o teor de umidade

aumentou linearmente ( $p < 0,05$ ) nos ovos tratados com níveis aumentados de óleo de andiroba no bioproduto.

A oxidação lipídica das gemas, conforme também mostrado na Tabela 14, indica que à medida que os níveis de óleo de andiroba no bioproduto aumentam, há uma diminuição linear ( $p < 0,05$ ) na oxidação lipídica da gema em ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente em comparação com aqueles sem bioproduto. Isto é ainda apoiado pela maior correlação negativa observada.

A Tabela 15 apresenta os resultados médios para as características sensoriais dos ovos. Observou-se redução linear ( $p < 0,05$ ) nos resultados de todas as características sensoriais avaliadas à medida que o nível de óleo de andiroba no bioproduto aumentou. De modo geral, significa redução na aceitação sensorial dos ovos cobertos com bioproduto pelos provadores, principalmente em termos de aparência e sabor quando comparados aos ovos do controle.

Tabela 12. Qualidade física de ovos revestidos com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba

Variáveis <sup>1</sup>	Níveis de óleo de andiroba no BPOA (%)					p-valor <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup> (%)	Correlação	Modelo matemático <sup>4</sup>	R <sup>2</sup>
	0	1	5	10	15					
PO	55,52±3,62 <sup>c</sup>	56,25±0,02 <sup>c</sup>	56,55±6,64 <sup>c</sup>	58,20±3,53 <sup>b</sup>	59,27±7,06 <sup>a</sup>	0,04	7,99	0,30	Y = 55,6699 + 0,2403x	0,49
G	29,88±1,90 <sup>c</sup>	30,08±4,24 <sup>b</sup>	31,41±2,37 <sup>b</sup>	32,13±0,03 <sup>a</sup>	33,26±3,92 <sup>a</sup>	0,04	9,26	0,44	Y = 29,9769 + 0,2227x	0,39
A	58,15±7,89 <sup>a</sup>	56,55±3,31 <sup>a</sup>	52,89±9,60 <sup>b</sup>	49,85±5,49 <sup>b</sup>	45,74±0,13 <sup>c</sup>	0,05	14,14	-0,61	Y = 57,5683 - 0,7948x	0,38
C	10,19±0,59 <sup>b</sup>	10,58±1,06 <sup>b</sup>	10,91±1,26 <sup>ab</sup>	11,17±0,36 <sup>a</sup>	11,56±2,79 <sup>a</sup>	0,03	12,85	0,33	Y = 10,38363 + 0,08082x	0,41
AG	16,33±0,47 <sup>c</sup>	16,25±0,95 <sup>c</sup>	16,73±0,39 <sup>bc</sup>	17,00±1,41 <sup>b</sup>	18,00±2,44 <sup>a</sup>	0,03	8,08	0,45	Y = 16,1928 + 0,10804x	0,40
AA	5,33±0,47 <sup>c</sup>	5,38±0,12 <sup>c</sup>	5,75±0,50 <sup>b</sup>	5,75±0,50 <sup>b</sup>	6,00±1,15 <sup>a</sup>	0,05	11,08	0,39	Y = 5,38079 + 0,04224x	0,45
DG	41,55±0,12 <sup>c</sup>	44,25±0,81 <sup>b</sup>	45,00±1,41 <sup>b</sup>	46,00±1,00 <sup>a</sup>	46,00±3,74 <sup>a</sup>	0,03	5,41	0,39	Y = 43,53942 + 0,16461x	0,35
DA	108,14±0,32	113,00±20,11	112,00±21,96	101,75±13,59	114,33±23,58	0,77	15,29	-0,01	-	-
CG	6,00±0,13 <sup>c</sup>	6,14±0,57 <sup>c</sup>	6,50±0,57 <sup>b</sup>	6,50±0,81 <sup>b</sup>	7,66±0,47 <sup>a</sup>	<0,01	11,88	0,49	Y = 6,14753 + 0,06674x	0,44
PhG	6,99±0,13 <sup>c</sup>	7,06±0,08 <sup>bc</sup>	7,09±0,15 <sup>b</sup>	7,16±0,10 <sup>b</sup>	7,27±0,05 <sup>a</sup>	<0,01	1,84	0,36	Y = 7,067056 + 0,008351x	0,33
PhA	6,95±0,03 <sup>c</sup>	7,13±0,08 <sup>c</sup>	7,33±0,23 <sup>b</sup>	7,35±0,13 <sup>b</sup>	7,47±0,43 <sup>a</sup>	0,05	3,86	0,29	Y = 7,219389 + 0,004534x	0,38
EC	0,37±0,03 <sup>c</sup>	0,38±0,03 <sup>c</sup>	0,41±0,05 <sup>b</sup>	0,48±0,03 <sup>a</sup>	0,50±0,03 <sup>a</sup>	<0,01	4,42	0,63	Y = 0,387952 + 0,006836x	0,40
UH	73,12±0,01 <sup>b</sup>	73,23±5,06 <sup>b</sup>	76,00±4,69 <sup>a</sup>	75,38±6,29 <sup>a</sup>	76,88±4,81 <sup>a</sup>	0,75	5,92	0,44	Y = 74,88784 + 0,01822x	0,56

<sup>1</sup> PO = Peso do ovo (g); G = gema (%); A = albúmen (%); C = casca (%); AG = Altura da gema (mm); AA = Altura do albúmen (mm); DG = Diâmetro da gema (mm); DA = Diâmetro do albúmen (mm); CG = Cor gema; PhG = pH da gema; PhA = pH do albúmen; EC = Espessura da casca do ovo (µm); UH = Unidade Haugh.

<sup>2</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na linha demonstram efeito significativo na variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>3</sup> CV = Coeficiente de variação.

<sup>4</sup> Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Tabela 13. Concentrações bacteriológicas de ovos revestido com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba

Variáveis <sup>1</sup>	Níveis de óleo de andiroba no BPOA (%)					p-valor <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup> (%)	Correlação	Modelo matemático <sup>4</sup>	R <sup>2</sup>
	0	1	5	10	15					
Mesófilos	6,69±0,49 <sup>a</sup>	0,51±0,13 <sup>b</sup>	0,04±0,01 <sup>c</sup>	0,01±0,00 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>c</sup>	0,04	2,02	-0,59	Y = 3,1737 - 0,2777x	0,35
<i>Escherichia coli</i>	5,27±0,55 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,03	2,22	-0,55	Y = 2,3361 - 0,2063x	0,30
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,27±0,09 <sup>a</sup>	0,33±0,11 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,00±0,00 <sup>b</sup>	0,03	1,32	-0,83	Y = 0,2563 - 0,0214x	0,68

<sup>1</sup> Todos os valores apresentados devem ser multiplicados por 10<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na linha demonstram efeito significativo na variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>3</sup> CV = Coeficiente de variação.

<sup>4</sup> Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Tabela 14. Composição química de ovos revestido com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba

Variáveis <sup>1</sup>	Níveis de óleo de andiroba no BPOA (%)					p-valor <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup> (%)	Correlação	Modelo matemático <sup>4</sup>	R <sup>2</sup>
	0	1	5	10	15					
Umidade	77,12±1,49 <sup>c</sup>	77,55±1,18 <sup>c</sup>	78,97±1,22 <sup>b</sup>	78,53±2,49 <sup>b</sup>	79,13±1,55 <sup>a</sup>	0,03	10,81	0,49	Y = 77,53205 + 0,11948x	0,25
Minerais	0,89±0,51	0,80±0,49	0,66±0,47	0,76±0,33	0,80±0,29	0,07	11,23	-0,24	-	-
Lipídios	6,93±2,12 <sup>c</sup>	8,01±1,59 <sup>b</sup>	8,03±0,99 <sup>b</sup>	8,48±0,47 <sup>b</sup>	9,64±0,33 <sup>a</sup>	0,05	12,97	0,79	Y = 7,33289 + 0,14351x	0,63
Proteínas	12,35±1,29 <sup>a</sup>	11,31±1,01 <sup>b</sup>	11,28±2,12 <sup>b</sup>	10,98±1,48 <sup>b</sup>	9,64±1,22 <sup>c</sup>	0,05	9,70	-0,77	Y = 11,98871 - 0,14057x	0,59
Valores de TBARS	0,242±0,05 <sup>a</sup>	0,221±0,09 <sup>b</sup>	0,209±0,07 <sup>b</sup>	0,201±0,05 <sup>bc</sup>	0,189±0,05 <sup>c</sup>	0,01	9,53	-0,92	Y = 0,23088 - 0,0029x	0,86

<sup>1</sup> Os valores de umidade, minerais, lipídios e proteínas são expressos em %. Os valores de TBARS representam o grau de oxidação lipídica expresso em mg de MDA/kg de ovo seco.

<sup>2</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na linha demonstram efeito significativo na variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>3</sup> CV = Coeficiente de variação.

<sup>4</sup> Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Tabela 15. Análise sensorial de ovos revestido com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) com diferentes teores de óleo de andiroba

Variáveis	Níveis de óleo de andiroba no BPOA (%)					p-valor <sup>2</sup>	CV <sup>3</sup> (%)	Correlação	Modelo matemático <sup>4</sup>	R <sup>2</sup>
	0	1	5	10	15					
Aroma	6.50±1,12 <sup>a</sup>	5.80±1,22 <sup>b</sup>	5.60±0,99 <sup>b</sup>	4.90±0,99 <sup>c</sup>	5.30±0,97 <sup>c</sup>	0.03	3.12	-0.13	Y = 6.13816 - 0.03841x	0.39
Cor	6.60±1,14 <sup>a</sup>	6.30±1,09 <sup>a</sup>	6.40±1,42 <sup>a</sup>	5.50±0,88 <sup>b</sup>	5.00±0,76 <sup>b</sup>	0.04	2.77	-0.26	Y = 6.23753 - 0.08992x	0.59
Aparência	6.80±0,99 <sup>a</sup>	6.20±0,99 <sup>a</sup>	6.70±0,98 <sup>a</sup>	5.70±1,45 <sup>b</sup>	4.30±1,02 <sup>c</sup>	<0.01	3.01	-0.34	Y = 6.65479 - 0.11851x	0.31
Sabor	7.50±1,55 <sup>a</sup>	6.90±1,15 <sup>b</sup>	6.50±1,49 <sup>b</sup>	5.80±0,52 <sup>c</sup>	5.80±0,66 <sup>c</sup>	<0.01	2.98	-0.26	Y = 7.0166 - 0.0801x	0.47

<sup>1</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na linha demonstram efeito significativo na variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

<sup>2</sup> CV = Coeficiente de variação.

<sup>3</sup> Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

## 16. DISCUSSÃO

Nos resultados da qualidade física dos ovos, observou-se que os melhores resultados foram obtidos nos maiores níveis de óleo de andiroba testados na formulação do bioproduto, sugerindo que a película protetora adicional criada por este tornou a casca do ovo mais consistente, o que conseqüentemente, contribui para melhor conservação dos atributos físicos avaliados. Autores como Torrico *et al.* (2011), Muñoz *et al.* (2015), Mota *et al.* (2017), Eddin *et al.* (2019), Pires *et al.* (2020) e Homsaard *et al.* (2021) comentam que o uso de biorevestimentos é uma estratégia em ascensão dentro da avicultura justamente pela sua capacidade de geração dessa película protetora adicional que reveste a superfície da casca, protegendo a abertura dos poros e, conseqüentemente, reduzindo a atividade biológica nesta região, conservando a qualidade interna dos ovos por mais tempo, especialmente em temperatura ambiente.

O aumento na espessura e porcentagem de casca nos ovos tratados com o bioproduto corrobora esta observação relacionada à formação de película adicional mais consistente relacionado ao aumento dos níveis de óleo de andiroba no bioproduto assim como a melhora nos resultados da gema e porcentagem de albúmen, altura da gema e do albúmen, coloração da gema, valores de pH da gema e do albúmen, unidade Haugh e menor perda de peso (ou maior retenção de peso do ovo) em ovos armazenados por sete dias com bioproduto. Esses achados são consistentes com os relatados por Biladeau e Keener (2009), Wardy *et al.* (2010), Mendonça *et al.* (2013), Upadhyaya *et al.* (2016) e Salgado *et al.* (2018) que também mostraram que os ovos revestidos sofreram menor perda de peso em comparação com os ovos não revestidos.

O declínio significativo na qualidade física observado em ovos sem bioproduto (controle) e naqueles tratados com bioproduto contendo níveis mais baixos de óleo de andiroba pode ser atribuído à sua maior vulnerabilidade a microrganismos, ou seja, a ausência dessa proteção cria um ambiente de maior susceptibilidade ao aumento das concentrações bacteriológicas na superfície do ovo que, por conseguinte, adentra neste e afeta sua qualidade interna (Ryu *et al.*, 2011; Torrico *et al.*, 2011; Upadhyaya *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2020). Por outro lado, a redução gradual das concentrações bacterianas com o aumento dos níveis de óleo de andiroba no bioproduto destaca a eficiência do biofilme em criar barreira protetora adicional sobre os ovos, conservando o seu conteúdo (Caner, 2005; Eddin *et al.*, 2019; Pires *et al.*, 2019; Pires *et al.*, 2020).

Segundo Ferreira *et al.* (2010), Meccia *et al.* (2013), Conde *et al.* (2015) e Leal *et al.* (2023), o óleo de andiroba apresenta atividade antibacteriana, além de possivelmente inibir a adesão microbiana. Diante disso, o uso do bioproduto a base de óleo de andiroba pode estabelecer tanto barreira eficiente para evitar a perda natural de água quanto restringir a entrada de microrganismos externos nos ovos, conservando seu conteúdo interno. Este processo retarda o declínio natural da qualidade dos ovos, prolongando o período de armazenamento dos ovos, principalmente à temperatura ambiente.

Com a influência do bioproduto sobre os aspectos físicos e bacteriológicos, é de se esperar que haja influência também sobre a composição química do conteúdo interno dos ovos (Wardy *et al.*, 2010; Upadhyaya *et al.*, 2016; Homsaard *et al.*, 2021). Nesse sentido, observou-se que o uso dos maiores níveis de óleo de andiroba no bioproduto, de fato, impactou a composição dos ovos avaliados, principalmente o teor de lipídios que predominantemente encontram-se nas gemas dos ovos. Conforme relatado por Cindric *et al.* (2007), Ryu *et al.* (2011) e Homsaard *et al.* (2021), revestimentos à base de lipídios apresentam propriedades hidrofóbicas que evitam a perda de umidade no ovo, o que tende a reduzir a sua atividade biológica e conservar por maior tempo as propriedades nutricionais do seu conteúdo interno.

Como resultado, este “escudo protetor” adicional gerado pelo uso do bioproduto tende a proteger de forma mais eficaz os lipídios do conteúdo interno do ovo contra a oxidação (Ryu *et al.*, 2011; Yuceer; Caner, 2014; Ju *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020), o que também corroborou com os resultados obtidos nesta etapa do estudo, onde os maiores níveis de óleo de andiroba no bioproduto ocasionaram redução da oxidação lipídica da gema dos ovos.

Neste contexto, estudos relatam que o escudo hidrofóbico gerado por revestimentos à base de lipídios desempenha papel crucial na salvaguarda dos lipídios dos ovos, predominantemente encontrados nas gemas, devido a redução da atividade de oxidação lipídica durante o armazenamento pela redução da entrada de oxigênio externo nos ovos através dos poros (Rêgo *et al.*, 2012; Pissinati *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 2018). Como resultado, os ovos tratados com o bioproduto, especialmente com níveis mais elevados de óleo de andiroba, apresentaram níveis mais baixos de oxidação lipídica da gema, o que pode garantir que a qualidade e a frescura dos lipídios do ovo sejam conservadas, tornando a ação do bioproduto eficiente na mitigação da oxidação lipídica

durante o armazenamento dos ovos em temperatura ambiente, onde estes podem ser mais susceptíveis a essa atividade (Wardy *et al.*, 2010; Ryu *et al.*, 2011; Torrico *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2016).

Porém, à medida que os ovos são armazenados, a proporção de albúmen líquido aumenta naturalmente em detrimento da porção mais densa, sendo a fluidez e perda de viscosidade no albúmen denso atribuída à hidrólise das cadeias de aminoácidos. A degradação dessas cadeias leva à liberação de água ligada a grandes moléculas proteicas, como a albumina presente nos ovos (Rêgo *et al.*, 2012; Pissinati *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 2018), reduzindo conseqüentemente o teor de proteína em um processo chamado de desnaturação proteica, como observado nos resultados deste estudo onde mesmo com a aplicação do bioproduto houve uma redução gradual do teor de proteínas.

Além disso, assim como observado na etapa anterior deste estudo, os ovos tratados com bioproduto contendo níveis mais elevados de óleo de andiroba exibiram atributos sensoriais comprometidos em comparação com aqueles do controle armazenado sem o uso de bioproduto. Esse declínio pode ser atribuído a dois fatores: a transferência de propriedades organolépticas do óleo de andiroba para os ovos e a influência do revestimento do bioproduto nas interações do conteúdo interno do ovo (Biladeau; Keener, 2009; Eddin *et al.*, 2019). Isto atesta que a exposição dos ovos ao bioproduto, embora ajude a conservar o seu conteúdo, pode levar a redução significativa na aceitação sensorial devido à transferência de características sensoriais do princípio ativo do bioproduto para os ovos, problema potencial também mencionado por Pires *et al.* (2015) e Eddin *et al.* (2019).

## 17. CONCLUSÃO

Concluiu-se, a partir dos resultados obtidos nesta etapa da pesquisa que o uso de níveis crescentes de óleo de andiroba como base para a formulação de um bioproduto para revestimento de ovos, principalmente o maior nível testado, o nível de 15%, pôde proporcionar conservação mais eficaz em temperatura ambiente de sua qualidade física e composição química, além de reduzir ou remover potenciais concentrações bacteriológicas. Entretanto, é importante considerar as implicações deste bioproduto à base de óleo de andiroba nas características sensoriais, uma vez que níveis mais elevados de óleo de andiroba no bioproduto levam à diminuição da aceitação sensorial dos ovos.

## 18. REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy**. 4<sup>a</sup> ed. Northbrook, IL, USA: Allured, 2017.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: official methods of analysis of AOAC International. 21<sup>a</sup> ed. Washington, DC: AOAC, 2019.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 7<sup>a</sup> ed. Champaign: AOCS, 2017.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 8<sup>a</sup> ed. Champaign: AOCS, 2022.
- BERKHOFF, J.; ALVARADO-GILIS, C.; KEIM, J.P.; ALCALDE, J.A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; GANDARILLAS, M. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. **Poultry Science**, v. 99, n. 11, p. 6239-6246, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>
- BILADEAU, A.M.; KEENER, K.M. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. **Poultry Science**, v. 88, n. 6, p. 1266-1274, 2009. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>
- BRASIL. Instrução Normativa nº 30 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 26 de junho de 2018. **Estabelece como oficiais os métodos contidos no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=364426#:~:text=Estabelece%20como%20oficiais%20os%20m%C3%A9todos,que%20lhe%20confere%20o%20art.> Acessado em 21 nov. 2023.
- BRASIL, R.J.M.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; FREITAS, B.K.M.; VIANA FILHO, G.B. Physical-chemical and sensorial quality of eggs coated with copaiba oil biofilm and stored at room temperature for different periods. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 4, p. 1-6, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0930>
- CANER, C. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85 n. 11, p. 1897-902 2005. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2185>

CHATTERJEE, S.; HADI, A.S. **Regression analysis by example**. 4<sup>a</sup> ed. New Jersey, US: John Wiley & Sons Ltd, 2006.

CINDRIC, I.J.; ZEINER, M.; STEFFAN, I. Trace elemental characterization of edible oils by ICP-AES and GFAAS. **Microchemical Journal**, v. 85, n. 1, p. 136-139, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2006.04.011>

CONDE, N.C.O.; PEREIRA M.S.V.; BANDEIRA, M.F.C.L.; VENÂNCIO, G.N.; OLIVEIRA, G.P.; SAMPAIO, F.C. *In vitro* antimicrobial activity of plants of the Amazon on oral biofilm micro-organisms. **Revista Odonto Ciência**, v. 30, n. 4, p. 179-183, 2015. <https://doi.org/10.15448/1980-6523.2015.4.17794>

DORMANN, C.F.; ELITH, J.; BACHER, S.; BUCHMANN, C.; CARL, G.; CARRÉ, G.; MARQUÉZ, J.R.G.; GRUBER, B.; LAFOURCADE, B.; LEITÃO, P.J.; MÜNKEMÜLLER, T.; MCCLEAN, C.; OSBORNE, P.E.; REINEKING, B.; SCHRÖDER, B.; SKIDMORE, A.K.; ZURELL, D.; LAUTENBACH, S. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecography**, v. 36, n. 1, p. 27-46, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>

EDDIN, A.S.; IBRAHIM, S.A.; TAHERGORABI, R. Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. **Food Chemistry**, v. 296, p. 29-39, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.182>

FERREIRA, M.R.A.; SANTIAGO, R.R.; DE SOUZA, T.P.; EGITO, E.S.T.; OLIVEIRA, E.E.; SOARES, L.A.L. Development and evaluation of emulsions from *Carapa guianensis* (Andiroba) oil. **AAPS PharmSciTech**, v. 11, p. 1383–1390, 2010. <https://doi.org/10.1208/s12249-010-9491-z>.

HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **U.S. Egg Poultry Magazine**, v. 43, p. 552-555, 1937.

HAYAT, Z.; CHERIAN, G.; PASHA, T.; KHATTAK, F.M.; JABBAR, M.A. Sensory evaluation and consumer acceptance of eggs from hens fed flax seed and 2 different antioxidants. **Poultry Science**, v. 89, n. 10, p. 2293-2298, 2010. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00575>

HOMSAARD, N.; KODSANGMA, A.; JANTRAWUT, P.; RACHTANAPUN, P.; LEKSAWASDI, N.; PHIMOLSIRIPOL, Y.; SEESURIYACHAN, P.; CHAIYASO, T.; SOMMANO, S.R.; ROHINDRA, D.; JANTANASAKULWONG, K. Efficacy of cassava

starch blending with gelling agents and palm oil coating in improving egg shelf life. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, p. 3655-3661, 2021. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14675>

JU, J.; XIE, Y.; GUO, Y.; CHENG, Y.; QIAN, H.; YAO, W. Application of edible coating with essential oil in food preservation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-62, 2018. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402>

LEAL, A.B.; HACKBART, H.C.S.; MACUEIA, F.B.E.D.; ROMBALDI, C.V. Andiroba oil (*Carapa guianensis*): Descriptive analysis and applicability. **Industrial Crops and Products**, v. 202, 117004, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117004>

LIU, Y.C.; CHEN, T.-H.; WU, Y.-C.; LEE, Y.-C.; TAN, F.-J. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. **Food Chemistry**, v. 211, p. 687-693, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.056>

LOGAN, M. **Biostatistical design and analysis using R: a practical guide**. New Jersey, US: John Wiley & Sons Ltd.; 2010.

MECCIA, G.; QUINTERO, P.; ROJAS, L.B.; USUBILLAGA, A.; VELASCO, J.; DIAZ, T.; DIAZ, C.; VELÁSQUEZ, J.; TORO, M. Chemical composition of the essential oil from the leaves of *Carapa guianensis* collected from Venezuelan Guayana and the antimicrobial activity of the oil and crude extracts. **Natural Product Communications**, v. 8, v. 11, p. 1641-1642, 2013.

MENDONÇA, M.O.; REIS, R.S.; BARRETO, S.L.T.; MUNIZ, J.C.L.; VIANA, G.S.; MENCALHA, R.; FERREIRA, R.C.; RIBEIRO, C.L.N. Quality of quail eggs submitted or not to surface treatment of the shell stored in different environments. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 195-208, 2013.

MOTA, A.S.B.; LIMA, P.M.S.; SILVA, D.S.; ABREU, V.K.G.; FREITAS, E.R.; PEREIRA, A.L.F. Qualidade interna de ovos com cobertura de fécula de mandioca e amido de inhame. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 47-50, 2017. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i1a5420>

MUÑOZ, A.; DOMINGUEZ-GASCA, N.; JIMENEZ-LOPEZ, C.; RODRIGUEZ-NAVARRO, A.B. Importance of eggshell cuticle composition and maturity for avoiding trans-shell *Salmonella* contamination in chicken eggs. **Food Control**, v. 55, p. 31-38, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.028>

- OLIVEIRA, C.H.; BOIAGO, M.M.; GUARAGNI, A. Effects of heat treatments and edible shell coatings on egg quality after storage at room temperature. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 344-348, 2020. <https://doi.org/10.1590/fst.13019>
- PIRES, M.F.; PIRES, S.F.; ANDRADE, C.L.; CARVALHO, D.P.; BARBOSA, A.F.C.; MARQUES, M.R. Factors affecting the quality of eggs laying hens commercial. **Nutritime**, v. 12, n. 6, p. 4379-4385, 2015.
- PIRES, P.G.S.; PIRES, P.D.S.; CARDINAL, K.M.; BAVARESCO, C. The use of coatings in eggs: A systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 312-321, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.019>
- PISSINATI, A.; OBA, A.; YAMASHITA, F.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; ROMAN, J.M.M. Internal quality of eggs subjected to different types of coating and stored for 35 days at 25 °C. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 531-540, 2014. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p531>
- RAMANATHAN, L.; DAS, N.P. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. **Journal of Food Chemistry**, v. 40, n. 1, p. 17-21, 1992. <https://doi.org/10.1021/jf00013a004>
- RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influence of storage period on refrigerated pasteurized whole egg quality. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 3, p. 735-742, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000300027>
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, Brasil: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- RYU, K.N.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W. Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 325-329, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02177.x>
- SALGADO, H.R.; MENDONÇA, M.O.; MOURA, G.R.S.; MADELLA, G.S.; BASTOS, F.L.; FREITAS, I.S.; SILVA, V.R.O. Physicochemical and sensorial quality of hen's eggs submitted to surface treatment of the stored under refrigeration. **Revista Brasileira de**

**Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 124-135, 2018.  
<https://doi.org/10.21206/rbas.v8i2.484>

SOUSA, R.L.; SILVA, S.G.; COSTA, J.M.; COSTA, W.A.; MAIA, A.A.B.; OLIVEIRA, M.S.; ANDRADE, E.H.A. Chemical profile of manually extracted andiroba oil (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) from Mamangal community, located in Igarapé-Miri, Pará, Brazil. **Scientia Plena**, v. 17, n. 12, p. 127201, 2022.  
<https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.127201>

TORRICO, D.D.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W.; JANES, M.; CORREDOR, J.A.H.; OSORIO, L.F. Mineral oil–chitosan emulsion coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 262-268, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02125.x>

UPADHYAYA, I.; YIN, H.-Y.; NAIR, M.S.; CHEN, C.-H.; LANG, R.; DARRE, M.J.; VENKITANARAYANAN, K. Inactivation of *Salmonella enteritidis* on shell eggs by coating with phytochemicals. **Poultry Science**, v. 95, n. 9, p. 2106-2111, 2016.  
<https://doi.org/10.3382/ps/pew152>

VYNCKE, B.W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084-1087, 1970. <https://doi.org/10.1002/lipi.19700721218>

WARDY, W.; TORRICO, D.D.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W.; SAALIA, F.K. Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, p. 2659-2668, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02447.x>

YUCEER, M.; CANER, C. Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 153-162, 2014. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6322>

## **CAPÍTULO V - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE BIOPRODUTO À BASE DE ÓLEO DE ANDIROBA APLICADO EM OVOS ESTOCADOS EM DIFERENTES PERÍODOS E AMBIENTES**

Os resultados deste capítulo foram submetidos na forma de artigo científico para o periódico *Brazilian Journal of Poultry Science*.

## **19. MATERIAL E MÉTODOS**

A presente etapa da pesquisa foi conduzida no Setor de Avicultura e no Laboratório de Tecnologia do Pescado da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), localizada no setor Sul do campus universitário da UFAM, Manaus, Amazonas, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (Protocolo nº 23105.015643/2024-61).

### **19.1. Aquisição do óleo de andiroba e formulação do bioproduto**

O óleo de andiroba utilizado nesta etapa do estudo, assim como na anterior, foi obtido a partir de sementes da andiroba (*C. guianensis*) por meio de prensagem mecânica, rendendo aproximadamente 500 g de óleo não filtrado por kg de semente (Sousa *et al.*, 2022). Foram considerados os resultados das determinações físico-químicas e a caracterização química do óleo de andiroba realizadas anteriormente conforme os métodos descritos por Adams (2017), AOCS (2017; 2022) e Sousa *et al.* (2022). Assim como na etapa anterior, a produção do bioproduto obedeceu à adição do óleo de andiroba em um recipiente plástico graduado com capacidade de 1 L de acordo com o nível de óleo de andiroba pré-determinado, com a posterior inclusão do tensoativo (*Tween 20*) enquanto ambos eram agitados e, por fim, de água destilada enquanto a solução era novamente agitada para melhor diluição.

### **19.2. Ovos, arranjo experimental e aplicação do bioproduto**

Os ovos foram obtidos de poedeiras comerciais Hissex Brown com 60 semanas de idade e alojadas em gaiolas (1,00x0,45x0,45 m) com densidade de estocagem de 0,16 aves/m<sup>2</sup>. As poedeiras foram manejadas com dietas formuladas de acordo com as recomendações nutricionais de Rostagno *et al.* (2017). Elas tiveram acesso à água *ad libitum* e foram manejados de acordo com as orientações do manual da linhagem.

Os ovos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (1+2x4x2), sendo os tratamentos constituídos por controle (ovos frescos, sem armazenamento e recém-coletados), uso ou não de bioproduto nos ovos, quatro períodos

de estocagem dos ovos (7, 14, 21 e 28 dias) e duas temperaturas de conservação (ambiente e refrigerado), totalizando 17 tratamentos com 25 ovos cada, sendo o ovo individualmente considerado uma repetição. A partir dessa premissa, 200 ovos foram submetidos ao bioproduto, enquanto outros 200 ovos foram estocados sem o bioproduto. A fórmula do bioproduto foi constituída por 15% de óleo de andiroba, 10% de tensoativo (*Tween 20*), 74,99% de água destilada e 0,01% de antioxidante (ácido propiônico). Para o processo de aplicação, os ovos foram imersos em um recipiente esterilizado contendo o bioproduto por 30 segundos.

Em seguida, os ovos foram armazenados conforme os períodos e ambientes pré-determinados pelos tratamentos. A temperatura ambiente média apresentada durante o período experimental foi de 23,4 °C (74,12 °F), com média de 52% de umidade relativa do ar. Já o ambiente refrigerado apresentou 4 °C de temperatura média, com 83% de umidade relativa do ar. Após o término dos períodos experimentais, foram realizadas as análises experimentais dos ovos.

### **19.3. Análises experimentais**

#### **19.3.1. Qualidade física**

Cinco ovos de cada tratamento foram submetidos à análise de qualidade física conforme métodos descritos por Brasil *et al.* (2019). Foi mensurado o peso do ovo; percentagens, alturas, circunferências e valores de pH da gema e do albúmen; coloração da gema em escala de 1 a 15 utilizando leque graduado (ROCHE<sup>®</sup>); características da casca do ovo incluindo peso, porcentagem e espessura (medidas nas regiões basal, meridional e apical). A unidade Haugh foi calculada de acordo com a fórmula descrita por Haugh (1937).

#### **19.3.2. Concentrações bacteriológicas**

Os procedimentos para análise das concentrações bacteriológicas foram realizados de acordo com a normativa-padrão da legislação brasileira (Brasil, 2018). Amostras padronizadas foram preparadas coletando-se o conteúdo interno de cinco ovos de cada tratamento, homogeneizando-o por 60 segundos e criando diluições de  $10^{-1}$  e  $10^{-2}$  com água peptonada tamponada a 1%.

Para contagem total de mesófilos aeróbicos, amostras das diluições selecionadas foram inoculadas em placas de Petri com *Plate Count Agar* e incubadas a 36 °C por 48 horas. O resultado foi expresso em Unidades Formadoras de Colônias por 1,0 g de amostra (UFC/g). Para avaliação de *E. coli*, amostras das diluições foram inoculadas em tubos de ensaio e incubadas a 36 °C. Os resultados positivos foram confirmados por testes subsequentes e expressos como Número Mais Provável por grama (NMP/g). A contagem de *S. aureus* foi determinada inoculando amostras das diluições em placas de ágar *Baird-Parker*, seguida de incubação a 36 °C por 48 horas. O resultado foi expresso em Unidades Formadoras de Colônias por 1,0 g de amostra (UFC/g). A análise de *Salmonella* spp. foi realizada por meio de pré-enriquecimento, caldos seletivos e testes PCR para diagnóstico e confirmação.

### **19.3.3. Composição química e oxidação lipídica da gema**

Cinco ovos de cada tratamento foram submetidos à análise de composição química, que incluiu avaliação dos teores de umidade (%), minerais (%), gorduras (%) e proteínas (%). Estas análises foram realizadas seguindo os métodos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). O teor de umidade foi determinado usando o método AOAC 925.10 (2019), enquanto o de minerais através de calcinação em mufla seguindo o método AOAC 923.03 (2019), com o de gorduras usando o método AOCS Ba 3-38 e o de proteínas sendo analisado através do método Kjeldahl de acordo com a metodologia AOAC 920.87 (2019).

Outros cinco ovos de cada tratamento foram utilizados para avaliar o potencial de oxidação lipídica da gema (análise de TBARS). Os ovos foram quebrados e as gemas foram separadas e congeladas. Posteriormente, as gemas congeladas foram submetidas à liofilização, onde a água e outros solventes foram removidos por sublimação, contornando o estado líquido. As gemas desidratadas foram então submetidas à análise de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) para medir o grau de oxidação lipídica utilizando uma versão modificada da metodologia descrita por Vyncke (1970) e adaptada por Ramanathan e Das (1992).

#### 19.4. Análise estatística

Os dados foram inicialmente avaliados quanto à normalidade e foram aplicadas as transformações necessárias. Posteriormente, foi realizada ANOVA *one-way* utilizando o *software* R (versão 4.1.3) seguindo as diretrizes de Logan (2010). Primeiro, o teste de diferença honestamente significativa de Tukey foi utilizado para testar as diferenças significativas entre os valores médios. Os resultados foram apresentados como médias e o nível de significância para diferenças foi estabelecido em  $p < 0,05$ .

### 20. RESULTADOS

A Tabela 16 apresenta os resultados médios para a qualidade física dos ovos focando no peso nos percentuais das principais estruturas do ovo. O uso do bioproduto teve impacto significativo ( $p < 0,05$ ) no peso dos ovos e percentuais de gema e casca, onde os ovos que foram submetidos ao bioproduto apresentaram-se mais pesados, com maior percentual de albúmen e menor percentual de casca que aqueles não submetidos ao bioproduto e mais próximos dos ovos frescos. Quanto ao ambiente, os ovos armazenados em ambiente refrigerado apresentaram maior ( $p < 0,05$ ) peso e percentual de albúmen que aqueles armazenados em temperatura ambiente, porém menor percentual de casca. Quanto aos períodos de armazenamento, à medida que aumentou o armazenamento houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) no peso do ovo e nos percentuais de gema e albúmen, com aumento proporcional do percentual de casca.

Nos resultados médios das demais variáveis de qualidade física dos ovos (Tabela 17), o uso do bioproduto teve impacto significativo ( $p < 0,05$ ) na altura e no diâmetro da gema e do albúmen, espessura da casca e da unidade Haugh, onde os ovos que foram submetidos ao bioproduto apresentaram melhores resultados que aqueles não submetidos ao bioproduto e próximos aos ovos frescos. Quanto ao ambiente, os ovos armazenados em ambiente refrigerado apresentaram maiores ( $p < 0,05$ ) alturas de gema e albúmen e menores diâmetros de gema e albúmen que aqueles armazenados em temperatura ambiente, porém com comportamento estatisticamente semelhante nos resultados de unidade Haugh. Quanto aos períodos de armazenamento avaliados, à medida que aumentou o período de armazenamento houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) nas alturas de gema e albúmen, aumento nos diâmetros de gema e albúmen e redução nos resultados de unidade Haugh.

Tabela 16. Qualidade física (peso do ovo e percentuais de gema, albúmen e casca) de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente ou refrigerados em diferentes períodos

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis <sup>2</sup>			
	PO	G	A	C
<b>AP</b>				
Ovo fresco	62,12±1,23 <sup>a</sup>	30,55±0,15	56,44±0,29 <sup>a</sup>	13,01±0,49 <sup>c</sup>
Sem BPOA	60,15±1,54 <sup>c</sup>	29,59±0,32	54,49±0,41 <sup>c</sup>	15,92±0,22 <sup>a</sup>
Com BPOA	61,31±1,14 <sup>b</sup>	29,67±0,29	55,97±0,37 <sup>b</sup>	14,36±0,34 <sup>b</sup>
<b>AMB</b>				
Ovo fresco	62,12±1,23 <sup>a</sup>	30,55±0,15	56,44±0,29 <sup>a</sup>	13,01±0,49 <sup>c</sup>
Ambiente	60,44±1,32 <sup>c</sup>	29,79±0,25	54,86±0,40 <sup>c</sup>	15,35±0,22 <sup>a</sup>
Refrigerado	61,59±0,85 <sup>b</sup>	29,99±0,19	55,71±0,37 <sup>b</sup>	14,30±0,29 <sup>b</sup>
<b>PER</b>				
Ovo fresco	62,12±1,23 <sup>a</sup>	30,55±0,15 <sup>a</sup>	56,44±0,29 <sup>a</sup>	13,01±0,49 <sup>c</sup>
7 dias	61,58±0,97 <sup>b</sup>	29,96±0,22 <sup>ab</sup>	56,02±0,42 <sup>a</sup>	14,02±0,37 <sup>c</sup>
14 dias	60,97±1,01 <sup>c</sup>	29,77±0,23 <sup>b</sup>	55,72±0,43 <sup>b</sup>	14,51±0,12 <sup>c</sup>
21 dias	60,67±1,12 <sup>c</sup>	29,42±0,11 <sup>b</sup>	55,48±0,15 <sup>b</sup>	15,10±0,22 <sup>b</sup>
28 dias	60,49±0,99 <sup>c</sup>	29,15±0,49 <sup>b</sup>	55,12±0,28 <sup>b</sup>	15,73±0,28 <sup>b</sup>
35 dias	60,15±1,12 <sup>c</sup>	28,77±0,17 <sup>c</sup>	54,41±0,32 <sup>c</sup>	16,82±0,37 <sup>a</sup>
<b>Efeito</b>				
AP <sup>3</sup>	0,05	0,10	0,05	0,04
AMB <sup>3</sup>	0,05	0,10	0,04	0,03
PER <sup>3</sup>	0,04	0,05	0,05	0,05
AP*AMB <sup>4</sup>	0,19	0,17	0,12	0,15
AP*PER <sup>4</sup>	0,21	0,17	0,13	0,22
AMB*PER <sup>4</sup>	0,15	0,10	0,09	0,10
AP*AMB*PER <sup>4</sup>	0,12	0,33	0,31	0,30
CV <sup>5</sup> , %	4,44	5,15	4,86	4,99

<sup>1</sup> AP = aplicação do bioproduto. AMB = ambiente. PER = período de armazenamento.

<sup>2</sup> PO = Peso do ovo (g); G = Gema (%); A = Albúmen (%); C = casca (%).

<sup>3</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>4</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>5</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Tabela 17. Qualidade física de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente ou refrigerados em diferentes períodos

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis <sup>2</sup>								
	AG	AA	DG	DA	CG	PhG	PhA	EC	UH
<b>AP</b>									
Ovo fresco	18,42±0,37 <sup>a</sup>	7,44±0,32 <sup>a</sup>	39,12±0,44 <sup>c</sup>	72,15±1,12 <sup>c</sup>	7,56±1,12	7,13±0,44	7,12±0,51	0,38±0,13 <sup>b</sup>	85,59±1,15 <sup>a</sup>
Sem BPOA	17,12±0,49 <sup>c</sup>	6,95±0,55 <sup>b</sup>	42,15±0,59 <sup>a</sup>	99,13±1,01 <sup>a</sup>	7,42±0,97	6,99±0,25	7,01±0,44	0,38±0,15 <sup>b</sup>	83,12±1,29 <sup>b</sup>
Com BPOA	18,01±0,62 <sup>b</sup>	7,12±0,12 <sup>ab</sup>	40,22±0,61 <sup>b</sup>	83,17±0,98 <sup>b</sup>	7,51±1,56	7,03±0,52	7,03±0,43	0,44±0,09 <sup>a</sup>	83,85±1,14 <sup>b</sup>
<b>AMB</b>									
Ovo fresco	18,42±0,37 <sup>a</sup>	7,44±0,32 <sup>a</sup>	39,12±0,44 <sup>c</sup>	72,15±1,12 <sup>c</sup>	7,56±1,12	7,13±0,44	7,12±0,51	0,38±0,13	85,59±1,09 <sup>a</sup>
Ambiente	16,17±0,62 <sup>b</sup>	6,93±0,44 <sup>b</sup>	43,21±0,52 <sup>a</sup>	98,15±0,92 <sup>a</sup>	7,49±1,22	6,95±0,21	7,03±0,41	0,37±0,08	82,90±0,99 <sup>b</sup>
Refrigerado	18,10±1,01 <sup>a</sup>	7,05±0,22 <sup>ab</sup>	41,01±1,03 <sup>b</sup>	88,17±0,98 <sup>b</sup>	7,52±1,21	7,02±0,59	7,01±0,27	0,38±0,09	83,32±1,57 <sup>b</sup>
<b>PER</b>									
Ovo fresco	18,42±0,37 <sup>a</sup>	7,44±0,32 <sup>a</sup>	39,12±0,44 <sup>c</sup>	72,15±1,12 <sup>c</sup>	7,56±1,12	7,13±0,44	7,12±0,51	0,38±0,13	85,59±1,12 <sup>a</sup>
7 dias	18,11±0,49 <sup>a</sup>	7,21±0,69 <sup>a</sup>	39,91±0,56 <sup>c</sup>	79,52±0,96 <sup>c</sup>	7,57±0,85	7,05±0,51	7,03±0,22	0,39±0,22	84,34±1,28 <sup>b</sup>
14 dias	17,92±1,02 <sup>b</sup>	7,08±0,71 <sup>a</sup>	40,03±0,53 <sup>c</sup>	84,57±1,15 <sup>b</sup>	7,49±1,33	7,01±0,59	7,07±0,29	0,38±0,15	83,70±1,08 <sup>c</sup>
21 dias	17,19±0,95 <sup>b</sup>	6,99±0,85 <sup>b</sup>	40,97±0,12 <sup>c</sup>	89,25±2,13 <sup>b</sup>	7,52±1,49	6,99±0,66	7,03±0,44	0,37±0,17	83,22±1,29 <sup>c</sup>
28 dias	16,99±0,84 <sup>c</sup>	6,90±0,44 <sup>b</sup>	42,13±0,27 <sup>b</sup>	93,55±1,52 <sup>a</sup>	7,42±0,99	6,99±0,37	7,01±0,29	0,38±0,16	82,69±1,17 <sup>c</sup>
35 dias	16,32±0,72 <sup>c</sup>	6,83±0,56 <sup>b</sup>	43,07±0,33 <sup>a</sup>	99,15±3,21 <sup>a</sup>	7,52±1,15	6,94±0,39	7,04±0,44	0,36±0,14	82,34±1,25 <sup>c</sup>
<b>Efeito</b>									
AP <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,01	0,01	0,32	0,44	0,44	0,05	0,02
AMB <sup>3</sup>	0,04	0,04	0,02	0,01	0,33	0,12	0,29	0,23	0,03
PER <sup>3</sup>	0,02	0,04	0,01	0,01	0,28	0,12	0,14	0,27	0,02
AP*AMB <sup>4</sup>	0,19	0,22	0,21	0,33	0,29	0,25	0,37	0,19	0,22
AP*PER <sup>4</sup>	0,12	0,42	0,17	0,31	0,43	0,39	0,13	0,15	0,27
AMB*PER <sup>4</sup>	0,26	0,15	0,19	0,45	0,47	0,43	0,29	0,14	0,25
AP*AMB*PER <sup>4</sup>	0,39	0,27	0,42	0,37	0,51	0,12	0,42	0,14	0,29
CV <sup>5</sup> , %	5,56	6,74	5,47	7,22	8,12	7,85	6,49	7,12	6,13

<sup>1</sup> AP = aplicação do bioproduto. AMB = ambiente. PER = período de armazenamento.

<sup>2</sup> AG = Altura da gema (mm); AA = Altura do albúmen (mm); DG = Diâmetro da gema (mm); DA = Diâmetro do albúmen (mm); CG = Cor gema; PhG = pH da gema; PhA = pH do albúmen; EC = Espessura da casca do ovo (µm); UH = Unidade Haugh.

<sup>3</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>4</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>5</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Nos resultados médios das variáveis de composição química dos ovos (Tabela 18), verificou-se que o uso do bioproduto e o período de armazenamento não afetaram significativamente ( $p>0,05$ ) a composição dos ovos. Entretanto, avaliando a influência do ambiente, os ovos armazenados em temperatura ambiente apresentaram maiores ( $p<0,05$ ) percentuais de lipídios que aqueles armazenados em ambiente refrigerado e que os ovos frescos.

Tabela 18. Composição química de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente e refrigerados em diferentes períodos

Fatores <sup>1</sup>	Variáveis <sup>2</sup>			
	Umidade	Minerais	Lipídios	Proteínas
<b>AP</b>				
Ovo fresco	78,37±0,03	0,76±0,02	8,12±0,25	12,75±0,26
Sem BPOA	77,99±2,33	0,76±0,07	8,50±1,43	12,75±1,62
Com BPOA	78,03±2,30	0,76±0,19	8,34±1,02	12,87±1,67
<b>AMB</b>				
Ovo fresco	78,37±0,03	0,76±0,02	8,12±0,25	12,75±0,26
Ambiente	78,31±1,64	0,80±0,09	8,40±1,12	12,49±1,81
Refrigerado	78,21±2,78	0,72±0,17	8,50±1,19	12,57±1,54
<b>PER</b>				
Ovo fresco	78,37±0,03	0,76±0,02	8,12±0,25	12,75±0,26
7 dias	78,82±2,90	0,73±0,09	8,39±1,40	12,06±1,52
14 dias	78,20±1,93	0,81±0,14	8,78±0,97	12,21±1,27
21 dias	78,28±1,92	0,66±0,23	9,32±1,26	11,74±1,59
28 dias	76,48±2,88	0,80±0,09	9,37±1,49	13,35±2,08
35 dias	77,02±1,04	0,80±0,05	8,88±0,99	13,30±1,42
<b>Efeito</b>				
AP <sup>3</sup>	0,70	0,99	0,51	0,39
AMB <sup>3</sup>	0,21	0,08	0,12	0,86
PER <sup>3</sup>	0,19	0,20	0,34	0,16
AP*AMB <sup>4</sup>	0,19	0,29	0,89	0,06
AP*PER <sup>4</sup>	0,49	0,36	0,40	0,74
AMB*PER <sup>4</sup>	0,14	0,50	0,08	0,33
AP*AMB*PER <sup>4</sup>	0,60	0,63	0,44	0,42
CV <sup>5</sup> , %	2,89	8,52	13,67	12,94

<sup>1</sup> AP = aplicação do bioproduto. AMB = ambiente. PER = período de armazenamento.

<sup>2</sup> Todos os valores apresentados estão expressos em %.

<sup>3</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>4</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>5</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Nos resultados médios dos valores de TBARS para oxidação lipídica da gema (Tabela 19), o uso do bioproduto teve impacto significativo ( $p<0,05$ ), onde os ovos que foram submetidos ao bioproduto apresentaram menor resultado que aqueles não submetidos ao bioproduto e próximos aos ovos frescos. Quanto ao ambiente, os ovos armazenados em ambiente refrigerado apresentaram menor ( $p<0,05$ ) resultado que

aqueles armazenados em temperatura ambiente. Quanto aos períodos de armazenamento avaliados, à medida que aumentou o período de armazenamento houve aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos valores de TBARS.

Tabela 19. Oxidação lipídica da gema de ovos revestidos ou não com bioproduto à base de óleo de andiroba (BPOA) e armazenados em temperatura ambiente e refrigerados em diferentes períodos

Fatores <sup>1</sup>	Valores de TBARS <sup>2</sup>
AP	
Ovo fresco	0,168±0,09 <sup>c</sup>
Sem BPOA	0,207±0,08 <sup>a</sup>
Com BPOA	0,186±0,07 <sup>b</sup>
AMB	
Ovo fresco	0,168±0,09 <sup>c</sup>
Ambiente	0,204±0,07 <sup>a</sup>
Refrigerado	0,183±0,08 <sup>b</sup>
PER	
Ovo fresco	0,168±0,09 <sup>c</sup>
7 dias	0,173±0,07 <sup>c</sup>
14 dias	0,179±0,08 <sup>bc</sup>
21 dias	0,182±0,02 <sup>b</sup>
28 dias	0,194±0,09 <sup>b</sup>
35 dias	0,208±0,09 <sup>a</sup>
Efeito	
AP <sup>3</sup>	0,05
AMB <sup>3</sup>	0,05
PER <sup>3</sup>	0,01
AP*AMB <sup>4</sup>	0,12
AP*PER <sup>4</sup>	0,13
AMB*PER <sup>4</sup>	0,12
AP*AMB*PER <sup>4</sup>	0,15
CV <sup>5</sup> , %	4,59

<sup>1</sup> AP = aplicação do bioproduto. AMB = ambiente. PER = período de armazenamento.

<sup>2</sup> Os valores de TBARS representam o grau de oxidação lipídica expresso em mg de MDA/kg de ovo seco.

<sup>3</sup> As médias seguidas de letras minúsculas na coluna demonstram efeito significativo do fator avaliado sobre a variável analisada pelo teste de Tukey a 0,05.

<sup>4</sup> p-valor acima de 0,05 demonstra a influência direta de um fator no resultado do outro e vice-versa.

<sup>5</sup> CV = Coeficiente de variação

Fonte: RUFINO, J.P.F. (2023).

Por fim, é importante destacar que, nos resultados das concentrações bacteriológicas dos ovos, foi detectada presença mínima de mesófilos aeróbicos, *E. coli*, *S. aureus*, em torno de  $\leq 1,00 \times 10^3$ , apenas em ovos armazenados em temperatura ambiente, especialmente aqueles sem uso do bioproduto. Nos ovos frescos e naqueles submetidos ao bioproduto e armazenados em ambiente refrigerado, não foi detectada a presença de mesófilos aeróbicos, *E. coli*, *S. aureus*.

Quanto à presença de *Salmonella* spp., os ovos armazenados em temperatura ambiente sem bioproduto apresentaram ocorrências de *Salmonella* spp. A *Salmonella* spp.

esteve ausente nos ovos frescos, naqueles submetidos ao bioproduto e naqueles armazenados em ambiente refrigerado, independente do período de armazenamento. É importante destacar que toda a análise bacteriológica foi performada duas vezes para confirmar os resultados encontrados.

## 21. DISCUSSÃO

Verificou-se nos resultados da qualidade física dos ovos que o uso do bioproduto teve impacto significativo no peso dos ovos e nos percentuais de gema, albúmen e casca, além de impactar a integridade das estruturas internas e a espessura da casca. Os ovos tratados com o bioproduto apresentaram maior peso, maior percentual de albúmen, maiores alturas e menores diâmetros de gema e albúmen, e menor percentual de casca comparados aos ovos não tratados e mais próximos dos ovos frescos. Isso pode ser atribuído ao óleo de andiroba presente no bioproduto, que possibilitou a criação de barreira hidrofóbica que reduz a perda de água, mantendo assim o ovo mais pesado e com maior conteúdo de albúmen (Eddin *et al.*, 2019; Alkan *et al.*, 2020), o que naturalmente tende a diminuir a participação da casca na constituição geral do ovo (Anton, 2013).

O principal indicativo dessa melhora de qualidade devido ao bioproduto pode estar relacionado aos resultados de espessura da casca, uma vez que os ovos tratados com o bioproduto apresentaram maior espessura, indicando que a aplicação do bioproduto foi capaz de criar essa cutícula adicional de proteção nos ovos. Essa cutícula propiciou melhor proteção do conteúdo interno dos ovos e manutenção de suas melhores características físicas, que no caso são maiores alturas e menores diâmetros de gema e albúmen, indicando que essas estruturas se encontram mais firmes e melhor conservadas (Anton, 2013; Lana *et al.*, 2017).

Quanto ao efeito do ambiente de armazenamento nessas variáveis, o fato dos ovos armazenados em ambiente refrigerado apresentarem maior peso e percentual de albúmen, além de menor percentual de casca e melhores resultados de qualidade interna que aqueles armazenados em temperatura ambiente, indica que este ajudou a manter a umidade, reduzindo a atividade da água dentro do ovo e preservando de forma mais eficiente a sua qualidade (Biladeau; Keener, 2009; Jirangrat *et al.*, 2010). Esses resultados reforçam que, apesar de ser mais caro devido aos gastos com infraestrutura e energia (Lana *et al.*, 2017), o armazenamento dos ovos em ambiente refrigerado é uma estratégia importante para a

manutenção da qualidade dos ovos ao longo do tempo, garantindo melhores características físicas e nutricionais para o consumo, especialmente por retardar o crescimento microbiano e a deterioração, prolongando a vida útil dos ovos (Shin *et al.*, 2012; Fikiin *et al.*, 2020).

Em relação ao efeito dos períodos de armazenamento, verificou-se que à medida que aumentou o tempo de armazenamento, houve redução significativa no peso do ovo, nos percentuais de gema e albúmen, bem como na qualidade interna dos ovos, com aumento proporcional do percentual de casca, indicando desidratação progressiva e concentração dos componentes sólidos restantes. A literatura relata este como um fato natural dos ovos armazenados, independente se estes estão em temperatura ambiente ou em ambiente refrigerado, uma vez que à medida que o tempo passa com os ovos armazenados, há mais tempo para ação dos microrganismos e, conseqüentemente, deterioração da qualidade interna dos ovos (Ryu *et al.*, 2011; Torrico *et al.*, 2011; Upadhyaya *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2020).

No que diz respeito à composição química dos ovos, o fato de nenhum dos fatores avaliados afetarem significativamente as variáveis avaliadas pode indicar que a composição interna dos ovos se apresentou bastante estável e resistente a pequenas variações nos métodos de produção e condições de armazenamento. Quando os ovos se encontram nessa condição, ainda mais advindos de aves no pico de postura, conforme foi utilizado neste experimento, entende-se que apesar de haver a atividade de água natural que afeta as suas propriedades físicas, conforme verificado acima, as suas propriedades químicas não são afetadas significativamente, ou seja, permanecem estáveis e não são afetadas tão facilmente por fatores externos (Nasri *et al.*, 2020a,b). Este fato, do ponto de vista industrial e comercial, garante que os ovos mantêm suas características nutricionais e funcionais, independentemente das variações nos métodos de produção e armazenamento aplicados (Feddern *et al.*, 2017; Pires *et al.*, 2020).

Entretanto, mesmo com essa constância na composição química, os valores de TBARS, que indicam o nível de oxidação lipídica da gema, mostraram que o uso do bioproduto teve impacto significativo, com os ovos tratados apresentando menores resultados que aqueles não tratados e mais próximos dos ovos frescos, ou seja, menor oxidação dos lipídios contidos na gema. Novamente, isso pode ser atribuído ao fato da cutícula protetora adicional gerada a partir do bioproduto a base de óleo de andiroba,

mesmo não influenciando a composição química dos ovos, inclusive o teor de lipídios, proteger de forma mais eficaz as propriedades físicas do ovo, reduzindo a entrada e saída de O<sub>2</sub> a partir dos poros da casca, e evitando que os lipídios ali contidos sofram a ação oxidativa (Rêgo *et al.*, 2012; Pissinati *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020). Como resultado, os ovos tratados com o bioproduto apresentam propriedades lipídicas mais bem conservadas e próximas dos ovos frescos, validando a ação do bioproduto durante o armazenamento dos ovos, independente do ambiente e do período em que estes estejam armazenados (Musa *et al.*, 2011; Scatolini-Silva *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2016).

Quanto aos ambientes avaliados, o fato de os ovos armazenados em ambiente refrigerado apresentarem menores níveis de oxidação lipídica em comparação com aqueles armazenados em temperatura ambiente atesta que a refrigeração é mais eficaz na preservação física dos lipídios do ovo, pois a redução da temperatura desacelera as reações químicas, incluindo a oxidação lipídica, que é um processo que pode ser acelerado por temperaturas mais altas (Pike; Peng, 1985; Nimalaratne *et al.*, 2016; Qingling *et al.*, 2017). A oxidação lipídica é uma reação que envolve a interação dos lipídios com o O<sub>2</sub>, resultando na degradação dos lipídios e na formação de compostos indesejáveis que podem comprometer a qualidade do ovo (Pike; Peng, 1985; Shareef; Al-Moussawi, 2018). Em temperaturas mais elevadas, como as encontradas em temperatura ambiente, a taxa de oxidação aumenta devido à maior disponibilidade de energia térmica e ao aumento da atividade enzimática e de oxigênio (Nimalaratne *et al.*, 2016).

Por outro lado, a refrigeração reduz a energia térmica e limita a atividade enzimática, o que diminui a taxa de oxidação lipídica (Shin *et al.*, 2012; Fikiin *et al.*, 2020). Além disso, o ambiente refrigerado ajuda a manter a integridade da casca do ovo e reduz a permeabilidade aos gases, o que também contribui para a menor entrada de oxigênio e, conseqüentemente, para a menor oxidação dos lipídios internos (Torrice *et al.*, 2011). Dessa forma, armazenar ovos em ambientes refrigerados é uma prática eficaz para preservar fisicamente os lipídios e prolongar a frescura dos ovos, prevenindo a degradação desses lipídios e mantendo outras características por um período mais longo (Jirangrat *et al.*, 2010; Salgado *et al.*, 2018).

Outrora, o aumento significativo nos valores de TBARS à medida que houve um aumento período de armazenamento indica que a oxidação lipídica é um processo que se

intensifica com o armazenamento prolongado, independente das demais condições onde o ovo encontra-se armazenado. Este resultado sugere que, embora fatores como a temperatura de armazenamento e a presença de bioprodutos possam mitigar a taxa de oxidação lipídica, eles não conseguem impedir completamente o avanço desse processo ao longo do tempo (Pissinati *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 2018).

Isso ocorre porque a oxidação lipídica é um fenômeno natural que tende a progredir à medida que o tempo passa, devido à exposição contínua ao oxigênio e à possível ação de enzimas oxidativas presentes no próprio ovo (Nimalaratne *et al.*, 2016; Qingling *et al.*, 2017). Mesmo em condições refrigeradas, onde a taxa de oxidação é reduzida, a acumulação gradual de danos oxidativos nos lipídios é inevitável se o período de armazenamento for suficientemente longo (Rêgo *et al.*, 2012; Shin *et al.*, 2012; Qingling *et al.*, 2017).

Por fim, os resultados das análises bacteriológicas revelam informações importantes sobre a influência das condições de armazenamento e do uso do bioproduto na segurança microbiológica dos ovos. A detecção de uma presença mínima de mesófilos aeróbicos, *E. coli* e *S. aureus* apenas nos ovos armazenados em temperatura ambiente, especialmente naqueles sem o uso de bioproduto, destaca a vulnerabilidade dos ovos a contaminações bacterianas quando expostos a condições menos controladas. Esses patógenos, embora presentes em níveis baixos ( $\leq 1,00 \times 10^3$ ), são indicadores de deterioração e podem representar riscos à saúde pública se consumidos (Cindric *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2019; Chousalkar *et al.*, 2020). A ausência desses microrganismos nos ovos frescos e naqueles tratados com bioprodutos e armazenados em ambiente refrigerado sugere que tanto a refrigeração quanto o uso de bioprodutos possuem um papel protetor significativo contra a contaminação bacteriana (Biladeau; Keener, 2009; Eddin *et al.*, 2019).

A presença de *Salmonella* spp. nos ovos armazenados em temperatura ambiente sem bioproduto é particularmente preocupante, pois é um patógeno altamente associado a surtos de doenças transmitidas por alimentos (Gast *et al.*, 2006; Keerthirathne *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2020). A ausência de *Salmonella* spp. nos ovos frescos, naqueles tratados com bioproduto e armazenados em ambiente refrigerado, independentemente do período de armazenamento, reforça a eficácia dessas práticas na prevenção da contaminação por este patógeno perigoso (Park *et al.*, 2020; Gast *et al.*, 2020).

Esses resultados destacam a importância de práticas adequadas de armazenamento e manuseio para garantir a segurança microbiológica dos ovos. O armazenamento em temperatura ambiente, especialmente sem a aplicação de bioprodutos, aumenta o risco de crescimento bacteriano e contaminação (Eddin *et al.*, 2019; Pires *et al.*, 2020). Em contraste, a refrigeração e o uso de bioprodutos demonstram ser estratégias eficazes para manter os ovos livres de contaminações bacterianas, garantindo assim a segurança alimentar (Wardy *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2020; Dai *et al.*, 2022; Pires *et al.*, 2022). Isso sugere que as práticas recomendadas para o armazenamento seguro de ovos não só melhoram a qualidade do produto, mas também podem ser essenciais para a prevenção de riscos à saúde pública associados a patógenos alimentares (Gast *et al.*, 2006; Dai *et al.*, 2022).

## 22. CONCLUSÃO

Os resultados desta etapa do estudo demonstraram que o uso de bioproducto a base de óleo de andiroba e o armazenamento dos ovos em ambiente refrigerado têm um impacto significativo na preservação da qualidade física e microbiológica dos ovos. Os ovos tratados com bioproducto apresentaram melhor qualidade física, além de menores níveis de oxidação lipídica, devido à barreira hidrofóbica criada pelo bioproducto. A refrigeração contribuiu para manter a umidade, reduzir a atividade de água e desacelerar reações químicas e microbianas, resultando em melhor preservação das características físicas e nutricionais dos ovos. Adicionalmente, a análise bacteriológica revelou que o uso do bioproducto e o armazenamento em ambiente refrigerado foram eficazes na prevenção de contaminações bacterianas, incluindo *Salmonella* spp., enquanto ovos armazenados em temperatura ambiente e sem bioproducto apresentaram maior risco de contaminação.

## 23. REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy**. 4<sup>a</sup> ed. Northbrook, IL, USA: Allured, 2017.
- ALKAN, S.; EUTURK, O.; TURKER, I. Determination of microbial activity and quality traits of eggs coated with propolis. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 8, p. 1380-1384, 2020. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i6.1380-1384.3385>

- ANTON, M. Egg yolk: structures, functionalities, and processes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, p. 2871–2880, 2013. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6247>
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: official methods of analysis of AOAC International**. 21<sup>a</sup> ed. Washington, DC: AOAC, 2019.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 7<sup>a</sup> ed. Champaign: AOCS, 2017.
- AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the AOCS**. 8<sup>a</sup> ed. Champaign: AOCS, 2022.
- BILADEAU, A.M.; KEENER, K.M. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. **Poultry Science**, v. 88, n. 6, p. 1266-1274, 2009. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>
- BRASIL. Instrução Normativa nº 30 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 26 de junho de 2018. **Estabelece como oficiais os métodos contidos no Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=364426#:~:text=Estabelece%20como%20oficiais%20os%20m%C3%A9todos,que%20lhe%20confere%20o%20art.> Acessado em 21 nov. 2023.
- BRASIL, R.J.M.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; FREITAS, B.K.M.; VIANA FILHO, G.B. Physical-chemical and sensorial quality of eggs coated with copaiba oil biofilm and stored at room temperature for different periods. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 4, p. 1-6, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0930>
- CINDRIC, I.J.; ZEINER, M.; STEFFAN, I. Trace elemental characterization of edible oils by ICP-AES and GFAAS. **Microchemical Journal**, v. 85, n. 1, p. 136-139, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2006.04.011>
- CHEN, X.; LI, X.; GUO, Y.; LI, W.; SONG, J.; XU, G.; YANG, N.; ZHENG, J. Impact of cuticle quality and eggshell thickness on egg antibacterial efficiency. **Poultry Science**, v. 98, p. 940-948, 2019.

- CHOUSALKAR, K.K.; KHAN, S.; MCWHORTER, A.R. Microbial quality, safety and storage of eggs. **Current Opinion in Food Science**, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.022>
- DAI, Y.; XIA, Z.-Q.; HUANG, Z.; CHENG, X.; ZHANG, J.; CHANG, H.-J. Effect of refrigeration storage on functional properties and structure of egg white after defrosting treatments. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 57, p. 7175-7183, 2022. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16060>
- EDDIN, A.S.; IBRAHIM, S.A.; TAHERGORABI, R. Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. **Food Chemistry**, v. 296, p. 29-39, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.182>
- FEDDERN, V.; PRÁ, M.C.D.; MORES, R.; NICOLOSO, R.S.; COLDEBELLA, A.; ABREU, P.G. Egg quality assessment at different storage conditions, seasons and laying hen strains. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 41, n. 3, p. 322-333, 2017. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017413002317>
- FIKIIN, K.; AKTERIAN, S.; STANKOV, B. Do raw eggs need to be refrigerated along the food chain? Is the current EU regulation ensuring high-quality shell eggs for the European consumers? **Trends in Food Science & Technology**, v. 2, p. 2, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.003>
- GAST, R.K.; HOLT, P.S.; GURAYA, R. Effect of refrigeration on *in vitro* penetration of *Salmonella enteritidis* through the egg yolk membrane. **Journal of Food Protection**, v. 69, n. 6, p. 1426-1429, 2006. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-69.6.1426>
- GAST, R.K.; GUARD, J.; GURAYA, R.; LOCATELLI, A. Multiplication in egg yolk and survival in egg albumen of genetically and phenotypically characterized *Salmonella enteritidis* strains. **Journal of Food Protection**, v. 81, p. 876-880, 2018. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-484>
- HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **U.S. Egg Poultry Magazine**, v. 43, p. 552-555, 1937.
- JIRANGRAT, W.; TORRICO, D.D.; NO, J.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W. Effects of mineral oil coating on internal quality of chicken eggs under refrigerated storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 3, p. 490-495, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02150.x>

- KEERTHIRATHNE, T.P.; ROSS, K.; FALLOWFIELD, H.; WHILEY, H. A successful technique for the surface decontamination of *Salmonella enterica* Serovar *Typhimurium* externally contaminated whole shell eggs using common commercial kitchen equipment. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 17, p. 404-410, 2020. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2734>
- LANA, S.R.V.; LANA, G.R.Q.; SALVADOR, E.L.; LANA, A.M.Q.; CUNHA, F.S.A.; MARINHO, A.L. Quality of eggs from commercial laying hens stored in different periods of temperature and storage. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, p. 140-151, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000100013>
- LIU, Y.C.; CHEN, T.-H.; WU, Y.-C.; LEE, Y.-C.; TAN, F.-J. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. **Food Chemistry**, v. 211, p. 687-693, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.056>
- LOGAN, M. **Biostatistical design and analysis using R: a practical guide**. New Jersey, US: John Wiley & Sons Ltd; 2010.
- MUSA, T.N.; ULAIWI, W.S.; AL-HAJO, N.N. The effect of shellac as coating material on the internal quality of chicken eggs. **International Journal of Poultry Science**, v. 10, n. 1, p. 38-41, 2011. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.38.41>
- NASRI, H.; VAN DEN BRAND, H.; NAJAR, T.; BOUZOUAIA, M. Interactions between egg storage duration and breeder age on selected egg quality, hatching results, and chicken quality. **Animals**, v. 10, n. 10, p. 1719, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10101719>
- NASRI, H.; VAN DEN BRAND, H.; NAJJAR, T.; BOUZOUAIA, M. Egg storage and breeder age impact on egg quality and embryo development. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, p. 257–268, 2020. <https://doi.org/10.1111/jpn.13240>
- NIMALARATNE, C.; SCHIEBER, A.; WU, J. Effects of storage and cooking on the antioxidant capacity of laying hen eggs. **Food Chemistry**, v. 194, p. 111-116, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.116>
- OLIVEIRA, C.H.; BOIAGO, M.M.; GUARAGNI, A. Effects of heat treatments and edible shell coatings on egg quality after storage at room temperature. **Food Science & Technology**, v. 40, p. 344–348, 2020. <https://doi.org/10.1590/fst.13019>

- PARK, J.H.; KANG, M.S.; PARK, K.M.; LEE, H.Y.; OK, G.S.; KOO, M.S.; HONG, S.I.; KIM, H.J. A dynamic predictive model for the growth of *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* in fresh egg yolk and scenario-based risk estimation. **Food Control**, v. 118, p. 107421, 2020.
- PIKE, O.A.; PENG, I.C. Stability of shell egg and liquid yolk to lipid oxidation. **Poultry Science**, v. 64, n. 8, p. 1470–1475, 1985. <https://doi.org/10.3382/ps.0641470>
- PIRES, P.G.S.; PIRES, P.D.S.; CARDINAL, K.M.; BAVARESCO, C. The use of coating in eggs - a systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 312-321, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.019>
- PIRES, P.G.S.; BAVARESCO, C.; MORAES, P.O. Hundred years of knowledge on table egg refrigeration. **World's Poultry Science Journal**, v. 78, n. 4, p. 1007-1019, 2022. <https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2105276>
- PISSINATI, A.; OBA, A.; YAMASHITA, F.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; ROMAN, J.M.M. Internal quality of eggs subjected to different types of coating and stored for 35 days at 25 °C. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 531-540, 2014. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p531>
- QINGLING, W.; GUOFENG, J.; NING, W.; XIN, G.; YONGGUO, J.; MEIHU, M. Lipolysis and oxidation of lipids during egg storage at different temperatures. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 35, n. 3, p. 229-235, 2017. <https://doi.org/10.17221/174/2016-cjfs>
- RAMANATHAN, L.; DAS, N.P. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. **Journal of Food Chemistry**, v. 40, n. 1, p. 17-21, 1992. <https://doi.org/10.1021/jf00013a004>
- RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V.; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influence of storage period on refrigerated pasteurized whole egg quality. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 3, p. 735-742, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000300027>
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e**

**suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, Brasil: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2017.

RYU, K.N.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W. Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 325-329, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02177.x>.

SALGADO, H.R.; MENDONÇA, M.O.; MOURA, G.R.S.; MADELLA, G.S.; BASTOS, F.L.; FREITAS, I.S.; SILVA, V.R.O. Physicochemical and sensorial quality of hen's eggs submitted to surface treatment of the stored under refrigeration. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 124-135, 2018. <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i2.484>.

SCATOLINI-SILVA, A.; BORBA, H.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; SOUZA, P.; BOIAGO, M.; MELLO, J.; VAZ, A. Physical qualitative of stored eggs in different packing condition on room temperature. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 238, p. 247-254, 2013. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922013000200010>

SHAREEF, S.H.M.; AL-MOUSSAWI, A.-E.B.H.J. Effect of storage on the antioxidant activity of yolk lipid for some kinds of eggs. **Basrah Journal of Agricultural Sciences**, v. 31, n. 1, p. 78-84, 2018. <https://doi.org/10.21276/basjas>

SHIN, D.; NARCISO-GAYTÁN, C.; REGENSTEIN, J.M.; SÁNCHEZ-PLATA, M.X. Effect of various refrigeration temperatures on quality of shell eggs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 1341-1345, 2012. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4699>

SOUSA, R.L.; SILVA, S.G.; COSTA, J.M.; COSTA, W.A.; MAIA, A.A.B.; OLIVEIRA, M.S.; ANDRADE, E.H.A. Chemical profile of manually extracted andiroba oil (*Carapa guianensis* Aubl., Meliaceae) from Mamangal community, located in Igarapé-Miri, Pará, Brazil. **Scientia Plena**, v. 17, n. 12, p. 127201, 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2021.127201>

TORRICO, D.D.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W.; JANES, M.; CORREDOR, J.A.H.; OSORIO, L.F. Mineral oil-chitosan emulsion coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 262-268, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02125.x>

UPADHYAYA, I.; YIN, H.-Y.; NAIR, M.S.; CHEN, C.-H.; LANG, R.; DARRE, M.J.; VENKITANARAYANAN, K. Inactivation of *Salmonella enteritidis* on shell eggs by

coating with phytochemicals. **Poultry Science**, v. 95, n. 9, p. 2106-2111, 2016. <https://doi.org/10.3382/ps/pew152>

VYNCKE, B.W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084-1087, 1970. <https://doi.org/10.1002/lipi.19700721218>

WANG, J.; GU, L.; SU, Y.; CHANG, C.; XU, L.; YANG, Y.; LI, J. Changes in microbial, physicochemical, and functional properties of pasteurized liquid whole egg during refrigerated storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, p. 2873-2879, 2020. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10311>

WARDY, W.; TORRICO, D.D.; NO, H.K.; PRINYAWIWATKUL, W.; SAALIA, F.K. Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, p. 2659-2668, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02447.x>

## 24. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos neste estudo foi possível destacar importantes resultados alcançados desde a produção e aplicação do óleo de andiroba, bem como suas implicações ao ser a base da composição de um bioproduto visando a conservação de ovos. Neste sentido, o Capítulo II revelou que a produção de óleo de andiroba no Amazonas é predominantemente concentrada em três microrregiões: Juruá, Jutai/Solimões/Juruá e Purus, com o Juruá destacando-se como a maior produtora. Os preços pagos aos produtores por quilo de óleo mostraram aumento gradual entre 2010 e 2022, quase quadruplicando nesse período. Além disso, a análise econométrica destacou que o número de produtores extrativistas e o preço pago são os principais fatores que influenciam a produção de óleo de andiroba no Amazonas, com aumentos em ambas as variáveis resultando em aumentos diretos nessa produção, que continua sendo baseada em métodos tradicionais e comercializada majoritariamente em mercados locais, com a indústria ainda em estágio nichado e buscando expandir seu mercado.

Já os resultados do Capítulo III mostraram que o uso de bioproduto à base de óleo de andiroba foi eficaz na conservação dos ovos armazenados por sete dias em temperatura ambiente, com a imersão dos ovos no bioproduto demonstrando ser mais eficaz do que a pulverização por *spray*, especialmente quando o tempo de aplicação foi de 30 segundos. No entanto, é essencial considerar o impacto do bioproduto nas características sensoriais dos ovos, pois níveis mais altos de óleo e tempos de aplicação mais longos podem reduzir a aceitação sensorial dos ovos.

O Capítulo IV confirma que o óleo de andiroba, quando utilizado como base para um bioproduto para revestimento de ovos, pode oferecer uma melhor conservação dos ovos ao longo de sete dias em temperatura ambiente, destacando o nível de 15% como o melhor nível de inclusão. Essa conservação inclui a manutenção da qualidade física e química dos ovos e a redução de potenciais concentrações bacteriológicas. No entanto, a aceitação sensorial dos ovos, assim como apontado no capítulo anterior, pode ser prejudicada com níveis mais elevados de óleo de andiroba na composição do bioproduto, apontando para a necessidade de equilíbrio entre eficácia e aceitação sensorial na formulação do bioproduto.

Finalmente, o Capítulo V demonstrou que o bioproduto à base de óleo de andiroba e o armazenamento em ambiente refrigerado tem um impacto significativo na preservação

da qualidade física e microbiológica dos ovos. A refrigeração contribui para manter a umidade, reduzir a atividade de água e desacelerar reações químicas e microbianas, resultando em melhor preservação das características físicas e nutricionais dos ovos. A análise bacteriológica dessa etapa mostrou que esses fatores foram eficazes na prevenção de contaminações, incluindo *Salmonella* spp., enquanto os ovos armazenados em temperatura ambiente sem o bioproduto apresentaram maior risco de contaminação.

Essas conclusões destacam a importância de integrar uma produção eficiente de óleo de andiroba com aplicações inovadoras desse óleo para a conservação de alimentos. O desenvolvimento e a otimização contínuos dos bioprodutos à base de óleo de andiroba, aliados ao uso estratégico da refrigeração, podem representar avanços significativos na preservação de ovos e ter um impacto positivo na indústria alimentícia. Outrora, deve-se sempre ressaltar a consideração dos aspectos sensoriais e econômicos como fatores cruciais para maximizar os benefícios dessa tecnologia.