

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Daniele Pozzebon da Rosa

**EFEITO DA CANTAXANTINA SOBRE A VIDA DE PRATELEIRA E
QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS
ALIMENTADAS COM MILHO OU SORGO**

**Santa Maria, RS
2018**

Daniele Pozzebon da Rosa

**EFEITO DA CANTAXANTINA SOBRE A VIDA DE PRATELEIRA E QUALIDADE
DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM MILHO OU
SORGO**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Pires Rosa

Santa Maria, RS
2018

Rosa, Daniele Pozzebon da
Efeito da cantaxantina sobre a vida de prateleira e
qualidade de ovos de poedeiras comerciais alimentadas
com milho ou sorgo / Daniele Pozzebon da Rosa.- 2018.
121 p.; 30 cm

Orientador: Alexandre Pires Rosa
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, RS, 2018

1. Carotenoides 2. Desempenho produtivo 3. Qualidade
de ovos 4. Oxidação lipídica I. Rosa, Alexandre Pires II.
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Daniele Pozzebon da Rosa. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: danielepozzebonrosa@gmail.com

Daniele Pozzebon da Rosa

**EFEITO DA CANTAXANTINA SOBRE A VIDA DE PRATELEIRA E QUALIDADE
DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM MILHO OU
SORGO**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Zootecnia**.

Aprovado em _____

Alexandre Pires Rosa, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Catarina Stefanello, Dra (UFSM)

Fernando Cisneros Gonzáles, Dr. (DSM Nutritional Products)

José Roberto Sartori, Dr. (UNESP)

Priscila Becker Ferreira, Dra (UFSM)

Santa Maria, RS
2018

À minha mãe...

Rosane Lourdes Pozzebon (*in memoriam*)

“Aqueles que amamos não morrem jamais,
apenas partem antes de nós.”

Chico Xavier

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, pela estrutura e qualidade de ensino.

À DSM, pelo financiamento de todo o projeto e aos seus representantes Sr. Fernando Cisneros, Sr. Rafael Hermes e Sr. José Francisco Miranda que tornaram este trabalho viável.

Ao meu orientador, Professor Alexandre Pires Rosa, pela orientação, apoio (incentivo), paciência, amizade e carinho, fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao professor José Laerte Nornberg por abrir as portas do NIDAL, pela confiança e disponibilidade.

À mestre Ana Paula Burin pela amizade, carinho e paciência ao me ensinar.

Ao LABRUMEM e a laboratorista, Ms. Gisele Lutz pelos ensinamentos de análises bromatológicas, paciência e incentivo.

À Bety pela ajuda, acolhimento, carinho, amor e ternura.

Aos colegas do Laboratório de Avicultura – LAVIC: Angélica, Catiane e Mariane pelo conhecimento compartilhado, pela mão amiga e pela disposição em ajudar.

Aos estagiários: Adrian, Alexandre, Janaina, Marcelo e Pedro, sem vocês o trabalho não teria acontecido e obrigado pelo carinho, ajuda, compreensão e gargalhadas nos dias difíceis.

Às amigas do NIDAL: Flávia, Mari, Fran e Magda pela ajuda, amizade e o alto astral nos dias em que trabalhamos juntas.

À minha prima Franciele pela ajuda essencial e que permitiram que o trabalho continuasse.

Ao Lúcio Cenoura e a Olívia Shoes (meus gatos) pelo amor incondicional e companheirismo nas horas de choro e cansaço.

Ao Anderson que aturou essa fase tão difícil, em que fui extremamente ausente, e mesmo assim não desistiu de mim, até mesmo quando eu quis desistir.

Aos meus irmãos João Rodrigo, Mathias e Matheus, pela admiração, apoio e amor.

À minha Mãe, meu exemplo de força, garra e determinação.

Aos Espíritos Protetores.

À Deus SU.

Um dia você aprende que...

Depois de algum tempo você aprende a diferença, a sutil diferença entre dar a mão e acorrentar uma alma. (...) Começa a aceitar suas derrotas com a cabeça erguida e olhos radiantes, com a graça de um adulto e não com a tristeza de uma criança. E aprende a construir todas as suas estradas no hoje, pois o terreno do amanhã é incerto demais para os planos, ao passo que o futuro tem o costume de cair em meio ao vão.

E aprende que não importa o quanto você se importe: algumas pessoas simplesmente não se importam... E aceita que não importa o quão boa seja uma pessoa, ela vai feri-lo de vez em quando e, por isto, você precisa estar sempre disposto a perdoá-la.

Aprende que falar pode aliviar dores emocionais. Descobre que se leva certo tempo para construir confiança e apenas alguns segundos para destruí-la; e que você, em um instante, pode fazer coisas das quais se arrependerá para o resto da vida. Aprende que verdadeiras amizades continuam a crescer mesmo a longas distâncias, e que, de fato, os bons e verdadeiros amigos foram a nossa própria família que nos permitiu conhecer. (...)

Descobre que as pessoas com quem você mais se importa na vida são tomadas de você muito cedo, ou muito depressa. Por isso, sempre devemos deixar as pessoas que verdadeiramente amamos com palavras brandas, amorosas, pois cada instante que passa carrega a possibilidade de ser a última vez que as veremos; aprende que as circunstâncias e os ambientes possuem influência sobre nós, mas somente nós somos responsáveis por nós mesmos; começa a compreender que não se deve comparar-se com os outros, mas com o melhor que se pode ser. Descobre que se leva muito tempo para se tornar a pessoa que se deseja tornar, e que o tempo é curto. Aprende que não importa até o ponto aonde já chegamos, mas para onde estamos, de fato, indo – mas, se você não sabe para onde está indo, qualquer lugar servirá.

Aprende que: ou você controla seus atos e temperamento, ou acabará escravo de si mesmo, pois eles acabarão por controlá-lo (...) Aprende que heróis são pessoas que foram suficientemente corajosas para fazer o que era necessário fazer, enfrentando as consequências de seus atos. Aprende que paciência requer muita persistência e prática. Descobre que, algumas vezes, a pessoa que você espera que o chute quando você cai, poderá ser uma das poucas que o ajudará a levantar-se. (...) Aprende que o tempo não é algo que possa voltar atrás. Portanto, plante você mesmo seu jardim e decore sua alma – ao invés de esperar eternamente que alguém lhe traga flores. E você aprende que, realmente, tudo pode suportar; que realmente é forte e que pode ir muito mais longe – mesmo após ter pensado não ser capaz.

William Shakespeare

RESUMO

EFEITO DA CANTAXANTINA SOBRE A VIDA DE PRATELEIRA E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS COMERCIAIS ALIMENTADAS COM MILHO OU SORGO

AUTORA: Daniele Pozzebon da Rosa

ORIENTADOR: Alexandre Pires Rosa

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia da cantaxantina (CTX) sobre a vida de prateleira e a qualidade do ovo, armazenado em duas temperaturas (4 e 25°C), de poedeiras de ovos de casca marrom da 21^a a 48^a semana de idade, alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo. Foram utilizadas 640 fêmeas da linhagem Isa Brown (21^a a 48^a semana). Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2, sendo dois ingredientes (milho = MI e sorgo = SO) e suplementação de 0 ou 6mg/kg de CTX, nos períodos (P) (I – 21^a a 24^a, II – 25^a a 28^a, III – 29^a a 32^a, IV – 33^a a 36^a, V- 37^a a 40^a, VI 41^a a 44^a e VII 45^a a 48^a semana), para análise de desempenho e qualidade de ovos frescos (0 dias), com 4 tratamentos e 10 repetições de 16 aves cada. Para de qualidade de ovos o arranjo fatorial foi o mesmo anterior, os ovos foram armazenados em temperatura refrigerada (4°C) ou ambiente (25°C) (2 x 2 x 2) durante a vida de prateleira (0, 7, 14, 21 e 28 d), avaliados na 24^a, 32^a, 40^a e 48^a semana de idade das aves. A taxa da postura foi maior para MI+CTX no PII, IV e VI do que SO+CTX. O consumo de ração foi maior nas aves alimentadas com SO no PI, III, IV e VII. O peso corporal foi maior em aves alimentadas com MI no PII, IV, V e VI. A conversão alimentar/dúzia de ovos e massa de ovos foi melhor para MI (P III, IV, PV, VI e VII). O peso do ovo em 4°C foi maior na 24^a (14, 21 e 28d), 32^a, 40^a e 48^a (21 e 28d) do que em 25°C. O peso do albúmen em 4°C foi maior na 24^a e 40^a (14, 21 e 28d), 32^a e 48^a (21 e 28 d) do que em 25°C. Unidade Haugh foi maior na 24^a, 32^a, 40^a e 48^a (7, 14, 21 e 28 d) a 4°C do que a 25°C. O pH de albúmen em 4°C foi menor na 24^a (07, 14 e 28d), 32^a, 40^a e 48^a (7,14, 21 e 28 d) do que em 25°C. A resistência da membrana vitelina foi maior em 4°C na 24^a e 40^a (14, 21 e 28d), 32^a (7 d) e 48^a (21 d) do que em 25°C. O índice de gema de MI foi maior na 24^a em toda a vida de prateleira, 32^a (0 e 14 d) e 48^a (14 d) do que SO. Também foi maior a 4°C na 24^a, 32^a, 40^a e 48^a (7, 14, 21 e 28 d) do que a 25°C. A cor das gemas foi mais intensa (alaranjado) em ovos de SO+CTX na 24^a (0, 7, 14, e 21 d), 32^a (0, 21 e 28 d), 40^a (0, 7, 14, 21 e 28 d) e 48^a (0 d) do que SO, MI e MI+CTX, mas não diferiu de MI+CTX na 24^a (28 d), 32^a (7 e 14 d) e 48^a (7, 14, 21 e 28 d). A concentração de carotenoides totais na gema foi maior em MI+CTX na 32^a e 40^a (0, 7, 14, 21 e 28 d), 48^a (0 e 14d) do que SO, SO+CTX e MI. Maior teor de cantaxantina na gema foi encontrada em SO+CTX na 24^a, 32^a e 40^a. Teores de Luteína e zeaxantina na gema foram encontradas em MI, na 24^a, 32^a, 40^a e 48^a. Teores de α -tocoferol nas gemas foi maior em SO na 24^a, 32^a, 40^a e 48^a semana de idade. A oxidação lipídica foi menor do MI+CTX na 48^a (0 d) O uso de CTX na alimentação de poedeiras promove cor alaranjado nas gemas de ovos, e aumenta a concentração de carotenoides na gema. A temperatura possui efeito expressivo sobre os parâmetros de qualidade de ovos.

Palavras-chave: Carotenoides. Desempenho produtivo. Qualidade de ovos. Oxidação lipídica.

ABSTRACT

EFFECT OF CANTHAXANTHIN ON THE SHELF LIFE AND EGGS QUALITY COMMERCIAL LAYING FED WITH CORN OR SORGHUM

AUTHOR: DANIELE POZZEBON DA ROSA
ADVISER: ALEXANDRE PIRES ROSA

The objective of this study was to evaluate the efficacy of canthaxanthin (CTX) on shelf life and egg quality, stored at two temperatures (4 and 25°C), of brown hens eggs from 21 to 48 week of age fed with diets based on corn or sorghum. 640 females of the Isa Brown line (21 to 48 weeks of age) were used. A completely randomized experimental design was used in a 2 x 2 factorial arrangement, with two ingredients (corn = CO and sorghum = SO) and supplementation 0 or 6mg/kg CTX, in the periods (P) (I – 21th to 24th, II - 25th to 28th, III - 29th to 32nd, IV - 33rd to 36th, V - 37th to 40th, VI 41st to 44th and VII 45th to 48th week), for performance and quality analysis of fresh eggs (0 d) with 4 treatments and 10 replicates of 16 birds each. For egg quality, the factorial arrangement was the same as before and stored at refrigerated (4°C) or ambient (25°C) (2 x 2 x 2) during the shelf life (0, 7, 14, 21 and 28 d) evaluated at the 24th, 32nd, 40th and 48th week of age of the birds. The laying rate was higher for CO + CTX in PII, IV and VI than SO + CTX. Feed intake was higher in birds fed SO in PI, III, IV and VII than CO. Body weight was higher in birds fed CO in PII, IV, V and VI. Feed conversion per dozen eggs and per egg mass were better for CO (P III, IV, PV, VI and VII) than SO. Egg weight at 4°C was higher at 24th (14, 21 and 28 d), 32nd, 40th and 48th (21 and 28 d) than at 25°C. The albumen weight at 4°C was higher at 24th and 40th (14, 21 and 28 d), 32nd and 48th (21 and 28 d) than at 25°C. Haugh unit was higher at 24th, 32nd, 40th and 48th (7, 14, 21 and 28d) at 4°C than at 25°C. The albumen pH at 4°C was lower at the 24th (07, 14 and 28 d), 32nd, 40th and 48th (7, 14, 21 and 28 d) than at 25°C. The vitelline membrane strength was higher at 4°C at 24th and 40th (14, 21 and 28d), 32nd (7d) and 48th (21 d) than at 25°C. The yolk index was higher in birds fed CO at 24th in shelf life, 32nd (0 and 14 d) and 48th (14 d) than SO. It was also higher at 4°C in the 24th, 32nd, 40th and 48th (7, 14, 21 and 28 d) than at 25°C. The yolk color was more intense (orange) in SO+CTX at 24th (0, 07, 14 and 21d), 32nd (0, 21 and 28d), 40th (0, 7, 14, 21 and 28d) and 48th (0d) than SO, CO and CO+CTX, but did not differ from CO + CTX at 24th (28d), 32nd (07 and 14d) and 48th (07, 14, 21 and 28d). The concentration of total carotenoids in the yolk was higher in CO+CTX at 32nd and 40th (0, 7, 14, 21 and 28 d), 48th (0 and 14 d) than SO, SO+CTX and CO. Higher CTX content in the yolk was found in SO+CTX at the 24th, 32nd and 40th days. Lutein and zeaxanthin contents in the yolk were found in CO, at the 24th, 32nd, 40th and 48th days. α -tocopherol content in egg yolks was higher in SO at 24th, 32nd, 40th and 48th weeks of age. Lipid oxidation was lower than the CO+CTX at 48th (0 d). The use of CTX in laying feed promotes an orange color and increases the concentration of carotenoids in the yolk. The temperature has an expressive effect on egg quality parameters.

Key words: Carotenoids. Productive performance. Egg quality. Lipid oxidation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Estrutura química da cantaxantina	37
Figura 2 –	Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre peso do ovo (g), nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)	60
Figura 3 –	Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre peso de albúmen (g), nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem).....	63
Figura 4 –	Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre a Unidade Haugh, nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem).....	70
Figura 5 –	Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre o pH de albúmen nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem).	73
Figura 6 –	Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre a Resistência da Membrana Vitelina nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem).....	76
Figura 7 –	Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre o Índice de Gema nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)	80
Figura 8 –	Efeito de Ingrediente (Milho ou Sorgo) e suplementação de Cantaxantina (CTX) ou não, sobre a Cor da Gema nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem).....	84
Figura 9 –	Efeito de Ingrediente (Milho ou Sorgo) e suplementação de Cantaxantina (CTX) ou não, sobre a Concentração de carotenóides Totais na Gema nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem).....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Composição química da parte comestível do ovo inteiro	28
Tabela 2 –	Composição calculada e analisada das dietas para poedeiras	45
Tabela 3 –	Taxa de postura (%) de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados	52
Tabela 4 –	Consumo de ração (g) de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados	53
Tabela 5 –	Peso corporal (g) de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados	54
Tabela 6 –	Peso do ovo (g) de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados	55
Tabela 7 –	Conversão alimentar para dúzia de ovos e massa de ovos (kg) de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados	56
Tabela 8 –	Peso dos ovos (g) de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias).....	59
Tabela 9 –	Peso de albúmen (g) de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)	62
Tabela 10 –	Peso de gema (g) de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)	65
Tabela 11 –	Unidade Haugh de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)	69
Tabela 12 –	pH de albúmen de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias).....	72
Tabela 13 –	Resistência da Membrana Vitelina de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias).....	75
Tabela 14 –	Índice de Gema de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias).....	79
Tabela 15 –	Cor da gema de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias).....	83
Tabela 16 –	Concentração de carotenoides totais na gema (mg/kg) de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4 ^a ou 25 ^a C) durante a vida de prateleira (dias)	86
Tabela 17 –	Teor de cantaxantina, luteína, zeaxantina e α -tocoferol (mg/kg) nas gemas de ovos frescos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina.....	90
Tabela 18 –	Oxidação lipídica da gema* de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4 ^a ou 25 ^a C) durante a vida de prateleira (dias).....	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	25
2.1	MILHO OU SORGO PARA AVICULTURA DE POSTURA	25
2.2	QUALIDADE DE OVOS	27
2.2.1	Composição nutricional e estrutural do ovo	27
2.2.2	Armazenagem e vida de prateleira dos ovos	30
2.2.3	Oxidação lipídica	33
2.3	CAROTENOIDES	35
2.3.1	Absorção e transporte dos carotenoides para a gema do ovo	36
2.3.2	Cantaxantina	37
2.3.2.1	<i>Utilização de cantaxantina na dieta de poedeiras</i>	39
3	HIPÓTESES E OBJETIVOS	41
3.1	HIPÓTESES	41
3.2	OBJETIVOS	41
3.2.1	Objetivo geral	41
3.2.2	Objetivos específicos	41
4	MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1	LOCAL E ÉPOCA	43
4.2	INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS	43
4.3	PERÍODOS EXPERIMENTAIS	43
4.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	43
4.5	DIETAS E ALIMENTAÇÃO	44
4.6	COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS PRESENTES NAS GEMAS DE OVOS	44
4.7	DESEMPENHO PRODUTIVO	46
4.7.1	Taxa de postura	46
4.7.2	Consumo alimentar	46
4.7.3	Peso corporal	46
4.7.4	Peso dos ovos	46
4.7.5	Conversão alimentar por dúzia e massa de ovos	46
4.8	QUALIDADE DE OVOS	47
4.8.1	Peso do ovo, da casca, do albúmen e da gema	47
4.8.2	Unidade Haugh	47
4.8.3	pH de albúmen	47
4.8.4	Resistência da membrana vitelina	48
4.8.5	Índice de gema	48
4.8.6	Coloração de gema	48
4.8.7	Concentração de carotenóides totais (β-caroteno) na gema	48
4.8.8	Teor de cantaxantina, luteína, zeaxantina e α-tocoferol na gema	48
4.8.9	Oxidação lipídica através de substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico (TBARS)	49
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1	DESEMPENHO PRODUTIVO	51
5.2	QUALIDADE DE OVOS	57
5.2.1	Peso dos ovos, albúmen e gema	57

5.2.2	Unidade Haugh, pH de albúmen, Resistência da Membrana Vitelina e Índice de gema	67
5.2.3	Cor, concentração de carotenoides totais, cantaxantina, luteína zeaxantina e α -tocoferol nas gemas	81
5.2.4	Oxidação lipídica através de substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico (TBARS)	91
6	CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	97
	APÊNDICES	113
	APÊNDICE A – TEMPERATURA MÍNIMA E MÁXIMA MEDIDAS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL TOTAL	115
	APÊNDICE B – PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS (%) DE OVOS NO INÍCIO DO PERÍODO EXPERIMENTAL.....	116
	APÊNDICE C – PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS (%) DE OVOS NO FINAL DO PERÍODO EXPERIMENTAL.....	117
	APÊNDICE D – TAXA DE POSTURA (%) SEMANAL DE POEDEIRAS ALIMENTADAS COM MILHO OU SORGO E SUPLEMENTADAS OU NÃO COM CANTAXANTINA (CTX) DURANTE TODO O PERÍODO EXPERIMENTAL (21ª A 48ª SEMANA DE IDADE).....	118
	APÊNDICE E – PESO DA CASCA (G) DE OVOS DE POEDEIRAS ALIMENTADAS COM MILHO OU SORGO, SUPLEMENTADAS OU NÃO COM CANTAXANTINA E, ARMAZENADO EM DUAS TEMPERATURAS (4ª OU 25ªC) DURANTE A VIDA DE PRATELEIRA (DIAS)	119
	APÊNDICE F – COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO GRÃO DE MILHO E SORGO	121

1 INTRODUÇÃO

O milho é o principal ingrediente energético utilizado em dietas para poedeiras em todo mundo. Isso se deve ao seu alto valor energético e sua concentração em pigmentos naturais, que dão uma coloração amarela avermelhada à gema do ovo (MORENO et al., 2007). Entretanto, os custos com ração chegam a mais da metade dos custos totais de produção. O milho contribui com cerca de 65% da formulação, e representa cerca de 40% dos custos desta (COSTA et al., 2009). No entanto, a crescente demanda interna e sua utilização para a produção de biocombustível, tem gerado o aumento no preço do milho. Isso tem levado pesquisadores e nutricionistas a pensarem em alternativas de substituição do milho, buscando-se matérias primas e ingredientes de valores nutritivos conhecidos. Os ingredientes alternativos devem assegurar um bom desempenho produtivo, além de reduzir custos com alimentação possibilitando uma maior lucratividade ao produtor.

O sorgo constitui uma das opções que as indústrias de rações e, ou produtores, dispõem para utilizar na alimentação animal por ser considerado, juntamente com o milho, também é uma fonte de energia para a nutrição animal (RAMSEY et al., 1990). A produção de sorgo, além de apresentar um preço inferior, tem maior resistência à seca, o que favorece seu cultivo em várias regiões com baixa pluviosidade (FIALHO; BARBOSA, 1997). Um fator importante a ser considerado na utilização do sorgo é seu teor de taninos, já que estes componentes são capazes de reduzir a digestibilidade destes nutrientes (COSTA et al., 2009). Entretanto, com o melhoramento genético do sorgo e a produção de variedades de baixo tanino destinadas à produção de grãos para alimentação de animais não-ruminantes, os problemas relacionados à presença de taninos foram minimizados (MORENO et al., 2007).

Apesar da maior rusticidade, o sorgo é menos produtivo possui menor concentração de carotenoides em relação ao milho, um efeito que pode ser corrigido por meio da inclusão de pigmentantes na formulação de ração para aves (OLIVEIRA et al., 2008). A preferência pelo grau de pigmentação da gema varia entre os consumidores de diferentes países, ou mesmo entre regiões de um mesmo país. Nos Estados Unidos e no Brasil, o consumidor prefere colorações entre 7 e 10 na escala colorimétrica DSM (DYCF, 2004). Por outro lado, na Europa e Ásia, os consumidores têm preferência por gemas mais pigmentadas, entre 10 e 14 nesta escala (GALOBART et al., 2004). Dependendo do nível de inclusão de sorgo nas rações de postura, pode ocorrer redução severa da coloração da gema, causando a recusa dos ovos por parte dos consumidores, exigindo a adição de carotenoides à ração (SILVA; ALBINO; GODOI, 2000).

O ovo é um dos alimentos mais completos da dieta humana, pois apresenta uma composição rica em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de excelente valor biológico (COOK; BRIGGS, 1986; RÊGO et al., 2012). Alguns fatores do sistema de produção podem afetar na qualidade do ovo, dentre os quais se destacam as condições de temperatura e umidade durante a estocagem (CRUZ; MOTA, 1996). A temperatura elevada durante o armazenamento ocasiona uma redução na qualidade da albumina associada à perda de água e dióxido de carbono durante o período em que os ovos ficam armazenados (AUSTIC; NESHEIM, 1990; STADELMAN; COTTERILL, 1995). Para manter a qualidade dos ovos, o emprego de tecnologia adequada, logo após a postura, é necessário para prolongar a vida útil do ovo e de seus produtos derivados. Do ponto de vista comercial, a refrigeração preserva a qualidade interna dos ovos, a qual seria bastante favorecida, se o ovo saísse da granja diretamente para a refrigeração onde seria mantido em temperatura na faixa de 0 a 4° C (CARVALHO et al., 2007).

Ovos em casca são considerados resistentes à oxidação lipídica, entretanto pesquisas com ovos comerciais demonstraram que os lipídios da gema sofrem oxidação durante o período de armazenamento (GIAMPIETRO et al., 2008). A reação de radicais livres (RL) com ácidos graxos inicia um processo em cadeia conhecido como peroxidação em sistemas vivos e rancidez oxidativa em alimentos (ROCHA et al., 2013). Considerando que o ovo apresenta alto conteúdo de ácidos graxos insaturados, os quais são mais propensos à oxidação lipídica, vários estudos têm sido realizados avaliando a utilização de antioxidantes na alimentação de poedeiras. Destacando-se a enzima glutatona peroxidase dependente do selênio, juntamente com as vitaminas A, E, C e carotenoides, capazes de combater a formação e propagação dos radicais livres (SURAI, 2000).

A cor da gema de ovo é derivada da quantidade e da cor dos pigmentos carotenoides presente na gema que, por sua vez, derivam da dieta da ave (HERNÁNDEZ, 2001). Esses pigmentos não podem ser sintetizados pelos animais e, portanto, devem ser obtidos a partir da dieta, através de fontes naturais ou sintéticas (BREITHAUPT, 2007; GARCIA et al., 2002).

Os carotenoides são compostos químicos lipofílicos sintetizados por todos os fotossintetizantes incluindo plantas, algas e cianobactérias, além de algumas bactérias e fungos (BOTELLA-PAVÍA; RODRIGUEZ-CONCEPCIÓN, 2006), e podem ser divididos quimicamente em dois grupos, as xantofilas e os carotenos, considerando-se a presença ou não do oxigênio em sua estrutura, respectivamente. Os carotenos são geralmente de cor alaranjada e as xantofilas, derivadas de carotenos, são de coloração amarela e vermelha, também sendo chamadas de oxicarotenoides (MELENDEZ-MARTÍNEZ; VICÁRIO;

HEREDIA, 2004), dentre eles, a cantaxantina. Além da propriedade pigmentante, os carotenoides possuem capacidade antioxidante (BÖHM et al., 1997; WILLIAMS; BOILEAU; ERDMAN, 1998). Pesquisas têm focado nas características antioxidantes de cantaxantina, e seus estudos demonstraram que a sua presença pode, potencialmente, reduzir as reações de oxidação na gema de ovos de matrizes de corte (ROSA et al., 2012, BONILLA et al., 2017) e em embriões de aves (SURAI et al., 2001). Com base nesses aspectos, este estudo buscou Avaliar o efeito da suplementação de cantaxantina em dietas à base de milho ou sorgo para poedeiras comerciais de ovos de casca marrom, da 21^a a 48^a semana, sobre a qualidade de ovos durante a vida de prateleira (armazenados em temperatura ambiente ou refrigerada).

2 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

2.1 MILHO OU SORGO PARA AVICULTURA DE POSTURA

A avicultura de postura tem evoluído muito nos últimos anos e, como segmento importante na produção de alimento humano de alto valor biológico, tem se adequadado às técnicas que possibilitam a melhoria da eficiência de produção de ovos. A alimentação dessas aves representa a maior fração do custo de produção, e pequenas melhorias na eficiência de utilização dos nutrientes das rações podem resultar em ovos de ótima qualidade.

Carboidratos de boa qualidade, aqueles de alto conteúdo de amido e baixos teores de compostos fibrosos, devem ser preferencialmente usados em rações para aves. O milho é amplamente empregado na alimentação humana e animal como fonte energética, devido ao seu alto conteúdo em amido digestível. Outro cereal utilizado na alimentação de poedeiras como componente energético é o sorgo. Segundo o Sindirações, no ano de 2016, foram utilizados mais de 120 mil toneladas deste grão para dietas de poedeiras. No Brasil o cereal é cultivado, principalmente, visando à produção de grãos para suprir a demanda das indústrias de ração animal e como forragem, para alimentação de ruminantes (TABOSA et al., 1993; DYKES et al., 2005).

As principais substâncias armazenadas pelos grãos do milho são carboidratos (64%), lipídeos (5%) e proteínas (10%) e fornecem aproximadamente 65% de energia e 20 % de proteínas para as dietas avícolas (COWIESON; ADEOLA, 2005). Rostagno et al. (2017) e NRC (1994) (apontam os valores de 3381 kcal EM/kg. Isto se deve principalmente ao elevado conteúdo de amido, localizado no endosperma do grão, que representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, tendo cerca de 88% de amido (PAES, 2009).

Os grãos de milhos coloridos, especialmente amarelo-alaranjados, destacam-se como fonte de carotenoides (OLIVEIRA et al., 2008), estando presentes nesses grãos as xantofilas (luteína, zeaxantina e β -criptoxantina), que perfazem cerca de 90% do total dos carotenoides, além dos carotenos (β -caroteno, α -caroteno e β -zeacaroteno) que somam os 10% restantes (KURILICH; JUVIK, 1999; EGESSEL et al., 2003). Nos milhos normais, a concentração total de carotenoides varia de 0,15 a 33,11 μ g/g, distribuídos essencialmente no endosperma do grão (KURILICH; JUVIK, 1999). A distribuição dos carotenoides no grão seco é 74 a 86% no endosperma vítreo, 9 a 23% no endosperma farináceo, 2 a 4% no germe e 1% no farelo; sendo o endosperma vítreo presente em maior proporção (46 a 54%) que o farináceo (28 a 36%) (BLESSIN; BRECHER; DIMLER, 1963).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é o quinto cereal mais importante do mundo, superado apenas por trigo, arroz, milho e cevada, e quinto lugar em área plantada no mundo. Na América do Norte, América do Sul, Europa e Austrália a produção deste grão tem sido empregada principalmente na nutrição animal (MAGALHÃES; RODRIGUES; DURAES, 1997). É cultivado em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é anti-econômica (AWIKA; ROONEY, 2004).

Conforme Leeson e Summers (2001), o valor nutricional do sorgo situa-se em torno de 95-96% em relação ao milho, uma vez que o amido no sorgo está intimamente associado com a proteína, reduzindo ligeiramente a digestibilidade. O teor de taninos no pericarpo é um dos fatores mais importantes que afetam o valor de nutricional do sorgo (NYACHOTI; ATKISON; LEESON, 1997; SELLE et al., 2010) e afeta negativamente a sua energia metabolizável aparente (EMA) e utilização da proteína em aves (BOREN; WANISKA, 1992; SELLE et al., 2010). No entanto, os teores de EMA de sorgos sem tanino para aves estão muito próximos dos valores do milho (LEESON; SUMMERS, 2001). Segundo Rostagno et al. (2017) o sorgo de baixo tanino possui valores de 3189 kcal/kg EMA. A concentração amilose e amilopectina foi 27,1% e 72,9%, respectivamente, observado no genótipo de coloração branca e 24,8% e 75,2% no cultivar vermelho, destacando-se a influência genética e do ambiente no teor e qualidade deste nutriente (BOUDRIES et al., 2009). Quanto ao valor proteico, o sorgo contém baixos níveis de lisina e alto teor de triptofano (0,10%) em relação ao milho (OLOMU, 1995; ROSTAGNO et al., 2017).

O grão de sorgo contém compostos fenólicos, como: ácidos fenólicos, flavonóides e taninos, sendo os dois primeiros inócuos aos animais. Já os taninos estão concentrados no pericarpo da semente e formam complexos com carboidratos e principalmente proteínas, reduzindo assim sua digestibilidade e piorando a palatabilidade, pois confere ao sorgo sabor adstringente (BRUZEGUEZ; ROSTAGNO; ALBINO, 2001). São ricos em extrativos não nitrogenados (ENN) constituídos principalmente por amido, relativamente pobres em fibras e ricos em energia. Além do caroteno, o grão de sorgo também é deficiente em pigmentos como as xantofilas, importantes para promover a coloração da gema dos ovos e carcaça das aves de corte (ANDRIGUETTO et al., 1990). Em geral, o sorgo possui conteúdo de nutrientes similar ao milho. O valor nutricional dos alimentos depende basicamente do conteúdo em nutrientes e da sua biodisponibilidade. O uso do sorgo de baixo tanino tem se mostrado viável na alimentação das poedeiras com resultados de pesquisas que recomendam a substituição de até 100% do milho sem ocorrer perdas de desempenho (SUBRAMANIAN; METTA, 2000). Ebadi et al. (2005), utilizaram três variedades de sorgo com diferentes teores de taninos (0,14,

0,24 e 0,37% de tanino) em cinco níveis (0, 25, 50, 75 e 100 por cento) substituindo o milho da dieta controle de poedeira Leghorn na quinta semana de produção. Os resultados mostraram não houve nenhum efeito negativo sobre o desempenho e qualidade interna de ovos. Imik et al. (2005), avaliou desempenho e qualidade do ovo de galinhas poedeiras Lohmann com 30 semanas de idade, alimentadas com dietas contendo 22% de sorgo (*Sorghum vulgare*) ou milho. Considerando que houve efeitos nos parâmetros internos da qualidade dos ovos (aumento do índice de gema e diminuição da cor da gema) a inclusão de sorgo na dieta de poedeiras não afetou negativamente o desempenho.

O sorgo é pobre em pigmentos naturais, a sua utilização na ração de poedeiras causa redução da coloração da gema do ovo (SUBRAMANIAN; METTA, 2000), induzindo à recusa dos alimentos de origem avícola por parte dos consumidores e, conseqüentemente, exigindo a adição de pigmentos artificiais ou naturais à dieta.

2.2 QUALIDADE DE OVOS

A qualidade de ovo é medida para descrever as diferenças na produção de ovos frescos, devido a características genéticas, a dietas e nos fatores ambientais, aos quais as galinhas são submetidas, ou também para descrever a deterioração na qualidade do ovo durante o período de armazenamento, em função das condições de armazenamento aos quais são submetidos (ALLEONI; ANTUNES, 2001).

2.2.1 Composição nutricional e estrutural do ovo

Os ovos têm sido para a nutrição humana, um dos alimentos proteicos quase perfeitos, oferecendo nutrientes de grande valor biológico como vitaminas, minerais e ácidos graxos, diariamente necessários para o crescimento do corpo e manutenção dos tecidos (BELITZ, GROSCH, SCHIEBERLE, 2009).

A Tabela 1 mostra a composição aproximada da porção comestível de ovo e os conteúdos dos principais constituintes em termos de minerais, vitaminas, ácidos graxos, e pigmentos (USDA, 2016).

Tabela 1 – Composição química da parte comestível do ovo inteiro

Nutriente	Valor em 100g
<i>Aproximados</i>	
Água, g	76,15
Energia, kcal	143
Proteína, g	12,56
Lipídios totais, g	9,51
Carboidratos, g	0,72
Minerais, mg	
Cálcio	56
Ferro	1,75
Magnésio	12
Fósforo	198
Potássio	138
Sódio	142
Zinco	1,29
Vitaminas, mg ou conforme descrito	
Tiamina	0,04
Riboflavina	0,46
Niacina	0,07
B6	0,17
B12	0,89
A, UI	540
Retinol	160
E (α -tocoferol)	1,05
D, UI	82
K	0,3
Lipídios	
Ácidos graxos saturados, g	3,13
Ácidos graxos monoinsaturados, g	3,66
Ácidos graxos poli-insaturados, g	1,91
Ácidos graxos trans, g	0,04
Colesterol, mg	372
Outros componentes, μg	
β - caroteno	0
β - criptoxantina	9
Luteína+zeaxantina	503

Adaptado do USDA (2016) banco de dados de nutrientes para porções comestíveis de ovos inteiros (cru, fresco, excluindo casca de ovo).

Os ovos são compostos por três partes principais: a casca com membranas, o albúmen e a gema, representando cerca de 9 a 11%, 60 a 63% e 28 a 29%, respectivamente (BELITZ; GROSH, 1987; KOVACS-NOLAN; PHILLIPS; MINE, 2005; LI-CHAN; KIM, 2008).

A casca de ovo é constituída por uma matriz orgânica (3,5%), compreendendo as membranas, e alguns constituintes incorporados na camada de carbonato de cálcio (95%) sob a forma de calcita (HAMILTON, 1986; TULLET, 1987; NYS et al., 1999, 2001, 2004). Segundo Ornellas (2001), a casca possui 94% de carbonato de cálcio, 1,4% de carbonato de magnésio, 3% de glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos em sua totalidade.

A estrutura da casca é dividida em camadas. A porção orgânica da casca é constituída pelas membranas da casca, sítios mamilares de nucleação e cutícula. A fração calcificada é composta pela camada mamilar, camada paliçada e camada de cristal vertical. Estas estruturas conferem resistência à casca e contribui na proteção do ovo contra microrganismos (PARSONS, 1982).

Na produção de ovos de mesa, estes são constantemente manuseados e expostos a choques que afetam porcentagem de ovos quebrados e trincados e, portanto, afetando diretamente as perdas econômicas do produtor. Adicionalmente, há uma crescente preocupação com a segurança (conformidade com a higiene) dos ovos, uma vez que a casca de ovo é a primeira barreira contra penetração bacteriana do ovo e, portanto, deve estar livre de defeitos (PAVLOVSKI et al., 2012).

O albúmen possui quatro camadas distintas: uma fração externa, fluída e fina ao lado da membrana da casca, uma camada espessa e viscosa intermediária, uma camada fluida e fina interna e as chalazas, o conteúdo de cada camada é cerca de 23,3%, 57,3%, 16,8% e 2,7%, respectivamente (BURLEY; VADEHRA, 1989).

As proteínas são o principal componente sólido do albúmen, representando cerca de 10 a 11% do peso (ovalbumina, ovotransferrina, ovomucóide, ovomucina, etc.), enquanto os carboidratos (principalmente glicose), lipídios e minerais são componentes menores (LI-CHAN; NAKAI, 1989).

O parâmetro mais usado para expressar a qualidade do albúmen é a unidade “Haugh” (UH). Haugh (1937) verificou que a qualidade do ovo varia com o logaritmo da altura da clara espessa. Sendo assim, ele desenvolveu um fator de correção para o peso do ovo, que multiplicado pelo logaritmo da altura da clara espessa, corrigida por 100, resultou na unidade “Haugh” (BRANT; OHE; NORRIS, 1951).

A gema é um sistema complexo que contém uma variedade de partículas suspensas em uma solução de proteína e cercada por uma membrana vitelina. É constituída em 50% de sólidos: 65 a 70% de lipídios e 30% proteínas (lipoproteínas de alta densidade, lipoproteínas de baixa densidade e livetinas) (LI-CHAN; KIM, 2008). Ao contrário da gema, a membrana

vitelina é majoritariamente composta por proteína (BELLAIRS; HARKNESS; HARKNESS, 1963; KIDO; DOI, 1988). Chung, Lai, Hsu (2010), analisando a composição da membrana vitelina da gema de ovos de galinha, encontraram 81,6 % de proteínas e 1,3% de lipídios.

Quase todos os lipídios do ovo, que estão localizados na gema, são triglicerídeos (65%), enquanto que os fosfolipídios, colesterol e carotenoides representam 30%, 4% e <1%, respectivamente (HATTA; KAPOOR; JUNEJA, 2008).

A composição de ácidos graxos da gema de ovo pode ser manipulada através da formulação de dietas. Com base em dietas padronizadas para poedeiras, cerca de 30% a 35% dos ácidos graxos totais são ácidos graxos saturados, 40 a 45% são ácidos graxos monoinsaturados e 20 a 25% são ácidos graxos poli-insaturados (ANTON, 2007).

Os carotenoides são os pigmentos naturais da gema de ovo da galinha. Eles conferem a sua cor amarela, que pode ir de um amarelo muito pálido a uma laranja brilhante e escuro. Eles estão longe de ser abundantes nos ovos comerciais, mas economicamente importantes porque a cor representa um critério de qualidade (ANTON, 2007). Eles são principalmente carotenos e xantofilas (luteína, criptoxantina e zeaxantina). A concentração total de luteína e a zeaxantina são dez vezes maiores do que a criptoxantina e caroteno combinado (SHENSTONE, 1968). O caroteno é o principal carotenoide encontrado em galinhas alimentadas com milho. Após a ingestão, este composto é em grande parte oxidado para formar as xantofilas (ANTON, 2007).

A qualidade da gema também é um componente da qualidade interna do ovo. Existem três parâmetros para a qualidade da gema: a cor da gema, índice de gema e a resistência da membrana vitelina que circunda a gema. Se a membrana vitelina for fraca, a gema romperá mais facilmente (DALE; STRONG, 1998). A preferência de cor da gema varia consideravelmente de acordo com a parte do mundo e podem ser adicionados pigmentos de origem natural ou sintética para obter a cor de gema desejada (AHMADI; RAHIMI, 2011). O índice de gema é calculado através da altura da gema / largura da gema, e é uma indicação do frescor de ovos (STADELMAN, 1995). Uma diminuição no valor do índice durante o armazenamento, indica um enfraquecimento progressivo da membrana vitelina e liquefação da gema causada, principalmente, por difusão de água do albúmen (OBANU; MPIERI, 1984).

2.2.2 Armazenagem e vida de prateleira dos ovos

Após a postura, o ovo tende a perder qualidade de maneira contínua. Várias características de qualidade interna são perdidas com a estocagem prolongada do ovo, destacando-se alterações no albúmen e na gema (STADELMAN; COTTERILL, 1995). Os principais fatores diretamente associados à deterioração dos ovos são condições de

temperatura e umidade relativa, além da manipulação (da coleta até o cliente) e tempo de armazenamento (FEDDERN et al., 2017). Estudos avaliando os efeitos de tempos de armazenamento em parâmetros de qualidade de ovos são bastante reportados (STADELMAN; COTTERILL, 1995; VÉRAS et al., 1999; KIRUNDA; MCKEE, 2000; ALLEONI; ANTUNES, 2001; KEENER; LACROSSE; BABSON, 2001; SILVERSIDES; SCOTT, 2001; DECUYPERE et al., 2001; JONES et al., 2002; BARBOSA et al., 2004; SOUZA; SCATOLINI; MANENTE, 2004; OLIVEIRA, 2006; GARCIA et al., 2010; FEDDERN et al., 2017). Adicionalmente, o armazenamento pode modificar algumas características do ovo incluindo a perda de água, dióxido de carbono e um aumento subsequente no pH do albúmen (DECUYPERE et al., 2001; OLIVEIRA, 2006), em consequência de um gradiente negativo de concentração (KEENER; LACROSSE; BABSON, 2001; SIEBEL; SOUZA-SOARES, 2004), comprometendo a qualidade da gema, uma vez que enfraquece a membrana vitelínica (BARBOSA et al., 2004).

A Unidade Haugh (UH) é um dos métodos mais utilizados para verificar a qualidade interna dos ovos e, tem sido utilizado pela indústria desde sua introdução. A UH foi proposta em 1937 por Raymond Haugh e tem sido usado nos Estados Unidos como método de referência. Esse método é uma expressão matemática que correlaciona à altura do albúmen espesso, através de micrômetro tripé, corrigida para o peso do ovo. Também possui alta correlação com a aparência interna do ovo ao ser quebrado (XAVIER et al., 2008), e sua análise dá uma indicação da duração e das condições de armazenamento dos ovos (FIQUEIREDO et al., 2011).

O valor mais elevado de UH corresponde a uma melhor qualidade de ovos (ADAMIEC et al., 2002) e é diretamente afetada pela idade da poedeira e as condições e tempo de armazenamento (SILVERSIDES; SCOTT, 2001). Os ovos são considerados de qualidade excelente (AA) devem apresentar valores de UH superiores a 72, ovos de qualidade alta (A), entre 60 e 72 UH e ovos de qualidade inferior (B), com valores de UH inferiores a 60 são considerados de qualidade ruim (USDA, 2016).

O pH pode ser utilizado para determinar a qualidade de ovos frescos (SCOTT; SILVERSIDES, 2000; FURTADO et al., 2001; KEMPS et al., 2007). Ovos frescos contêm 0,5% de dióxido de carbono e tem o valor de pH do albúmen entre de 7.6 a 8.5 (KNIGHT; BOWREY; COOKE, 1972; COUTTS et al., 2007). Durante o armazenamento, a perda de dióxido de carbono dos ovos através dos poros da casca do ovo resulta em diminuição da altura do albúmen, liquefação da albumina, e aumento do valor do pH do albúmen até 9,6 (KNIGHT; BOWREY; COOKE, 1972; HEATH, 1977; KEMPS et al., 2007). Segundo

Siebel (2005) esses valores podem se elevar além do longo período de armazenamento, também por condições inadequadas de temperatura e umidade. Ovos mantidos em temperaturas refrigeradas terão declínio de qualidade mais lento do que em temperatura ambiente (ORNELAS, 2001).

O Índice da gema (IG), também é considerado uma medida de qualidade de ovos e, de acordo com Oliveira e Oliveira (2013) deve ser de 0,39-0,45. Na proporção em que a gema perde altura ao longo do período de armazenamento, o IG diminui e, pode chegar a 0,25 (AUSTIC; NESHEIM, 1990). Este efeito é devido à desnaturação das proteínas do albúmen, consequentemente, ocorre a liberação de água ligada a grandes moléculas de proteínas, que por ação osmótica, atravessa a membrana vitelína e fica retida na gema (SIEBEL; SOUZA- SOARES, 2003). Essa passagem de água do albúmen para a gema causa aumento no diâmetro da gema, reduzindo sua viscosidade e enfraquecendo a membrana vitelínica, resultando em um aspecto maior e mais achatado da gema (MORENG; AVENS, 1990), potencializado com elevação da temperatura (SIEBEL; SOUZA-SOARES, 2003).

Para a manutenção da alta qualidade dos ovos, Jones et al. (2002) demonstraram que o tempo e a temperatura são fatores importantes que devem ser controlados durante o período de armazenamento. A qualidade interna de ovos armazenados em 2 temperaturas (ambiente e refrigeração) e 6 tempos de armazenamentos (15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias) foi avaliada por Vêras et al. (1999), que constatou que o peso dos ovos e a UH foram alterados em função do tempo e do ambiente de armazenamento. Barbosa et al. (2004), avaliando o efeito da temperatura (ambiente e refrigeração) e do armazenamento (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias) sobre a qualidade de ovos, verificaram que o aumento do tempo de armazenamento ocasionou redução na UH e no peso dos ovos. Souza, Scatolini, Manente (2004) observaram que os valores obtidos para UH e IG foram significativamente superiores para os ovos frescos de codorna japonesa, quando comparados com os armazenados durante 7, 14 e 21 dias. O período de armazenamento prejudicou a qualidade dos ovos, pois exerceu influência negativa na UH,IG e pH da gema, ou seja, à medida que o ovo foi envelhecendo ocorreram perdas na sua qualidade interna. Garcia et al. (2010), utilizando poedeiras semipesadas de duas idades (26 e 55 semanas), avaliaram a qualidade de ovos frescos e com 4, 8, 12 e 16 dias de armazenamento em diferentes sistemas de conservação (ambiente natural e ambiente refrigerado) e concluíram que o aumento do período de estocagem prejudicou a qualidade interna dos ovos de poedeiras semipesadas jovens ou velhas, independente do sistema de conservação. Contudo, o prejuízo foi minimizado quando os ovos foram refrigerados.

A resistência da membrana vitelina também diminui com aumento do tempo de armazenamento. Kirunda e Mckee (2000) concluíram que os valores de resistência da membrana vitelina estão significativamente relacionados com IG e UH. Com o passar da idade do ovo, a membrana vitelina enfraquece e se torna mais elástica e alguns componentes são alterados ou removidos (BRAKE et al., 1997). Alterações no peso da membrana vitelina como o teor de proteína e hexoamina, estão associadas com o aumento do pH do albúmen (ROMANOFF; ROMANOFF, 1949). Da mesma forma, uma diminuição da temperatura de armazenamento provoca uma diminuição movimento da água para dentro da gema (BRAKE et al., 1997). Tanto a temperatura, tempo de armazenamento e pH afetam a qualidade do albúmen. O pH do albúmen de ovos frescos é cerca de 7,6, ligeiramente mais básico do que o fluido vitelino (ARAD et al., 1989) e eleva-se a 9,0 durante o armazenamento quando o dióxido de carbono dissolvido difunde-se para fora (KEENER; LACROSSE; BABSON, 2001). Segundo Xavier et al. (2008), o aumento nos valores de pH do albúmen ocorre entre os períodos de zero e 14 dias, em especial nos cinco primeiros dias. Após 15 dias, o pH passa de 8,35 para 9,45, na linhagem Hy-line. Para as aves Lohmann, os valores foram de 7,78 e, após 14 dias a 25°C, foi de 9,46 (ALLEONI; ANTUNES, 2001).

Feddern et al. (2017) avaliaram qualidade de ovos (peso de ovos, UH, IG, pH e gravidade específica) de poedeiras da linhagem Embrapa White Leghorn CC armazenados em duas temperaturas: ambiente (20 a 35°C) e refrigerada (0 a 5°C) durante 9 semanas. Os ovos armazenados sob refrigeração tiveram menor variabilidade em parâmetros de qualidade que ovos armazenados sob temperatura ambiente. No final do período de armazenamento de 9 semanas, ovos mantidos sob refrigeração apresentaram parâmetros de qualidade semelhantes aos ovos armazenados em temperatura ambiente por apenas 3 semanas. Em contraste, os ovos mantidos em temperatura ambiente apresentaram uma degradação mais rápida da 1ª a 5ª semana, indicando perda de qualidade completa para varejo.

2.2.3 Oxidação lipídica

Devido à riqueza em lipídios, a gema do ovo é susceptível em fixar substâncias voláteis e adquirir sabores anômalos, não sendo apropriada para o consumo humano. Os lipídeos contêm triglicerídeos, ácidos graxos livres, xantofilas, carotenos, vitaminas e fosfolípidos. Eles consistem em moléculas com uma longa cadeia de átomos de carbono conectado com ligações duplas. Esses vínculos tornam os lipídios extremamente sensíveis à oxidação e, portanto, as gorduras se rancificam e os pigmentos perdem cor (KRALIK et al.,

2014). As concentrações de ácidos graxos e a proporção de ácidos graxos saturados e insaturados mudam durante o armazenamento, devido à oxidação lipídica (FASIAGOVA; BORILOVA, 2017). Os ácidos graxos poliinsaturados com cadeias longas são particularmente suscetíveis à peroxidação (PAPPAS et al., 2005; MOHITI-ASLI et al., 2008).

A oxidação lipídica é influenciada pela temperatura, pela luz, presença de O₂, além das propriedades físico-químicas do produto e da presença de possíveis iniciadores e catalisadores da reação (MAISUTHISAKUL; SUTTAJIT; PONGSAWATMANIT, 2007). Em ovos fecundados, a oxidação dos lipídios da gema não é citada como causa dos efeitos negativos do armazenamento sobre o desenvolvimento embrionário e o rendimento de incubação. No entanto, para a qualidade de ovos de consumo, as explicações se baseiam nas mudanças físicas que ocorrem no ovo, especialmente no albúmen, tais como aumento do pH do albúmen, que se torna mais liquefeito (LAPÃO; GAMA; SOARES, 1999; XAVIER et al., 2008) e redução do índice de gema em razão do enfraquecimento da membrana perivitelina (KIRUNDA; MCKEE, 2000).

Quando ocorre oxidação na gema de ovo, os lipídios são oxidados em radicais livres, como radicais de oxigênio e radicais de peróxido que atacam o material peroxidável disponível produzindo hidroperóxidos (REN et al., 2013). A dissociação do hidroperóxido lipídico afeta o acúmulo de produtos da peroxidação secundária de cadeia curta, como aldeídos e hidrocarbonetos, que são responsáveis pelo odor desagradável de gordura oxidada e piora das propriedades organolépticas e nutricionais da gema (PAPPAS et al., 2005; MOHITI-ASLI et al., 2008; KRALIK et al., 2014).

A reação de radicais livres com ácidos graxos inicia um processo em cadeia conhecido como peroxidação em sistemas vivos e rancidez oxidativa em alimentos (ROCHA, 2013). Segundo Silva et al. (1999), é possível distinguir essas três etapas de evolução oxidativa da seguinte forma: a) desaparecimento dos substratos de oxidação – lipídio insaturado, oxigênio; b) aparecimento dos produtos primários de oxidação – peróxidos e hidroperóxidos; e c) aparecimento dos produtos secundários de oxidação, obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos. Os peróxidos são intermediários instáveis, portanto eles são decompostos pela interação com radicais livres, e os produtos secundários são produzidos no decurso da decomposição dos primários.

O conteúdo produto secundário da oxidação, o malondialdeído (MDA), é usado como indicador da oxidação lipídica e este aumenta durante o armazenamento (PAPPAS et al., 2005; MOHITI-ASLI et al., 2008; SHAHRYAR et al., 2010; REN et al., 2013; KRALIK et al., 2014). O MDA é formado durante a oxidação dos PUFA por cisão beta dos PUFA

peroxidados, principalmente do ácido araquidônico (LIMA; ABDALLA, 2001). O teste de Tiobarbitúrico (TBA) quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo – o MDA é um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3 (ANGELO et al., 1996). A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído, produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005).

Segundo Fellenberg e Speisky (2006), o TBA tem sido criticado pela falta de especificidade, já que o MDA não é o único produto da oxidação dos lipídios que reage com o TBA (JENTZSCH et al., 1996), e é por isso que o termo “substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico”(TBARS) é preferível. Apesar das críticas o TBARS é muito utilizado, na prática e experimentalmente, por ser simples e útil na predição de peroxidação lipídica (GRAY, 1978; SQUIRES et al., 1991; RAHARJO; SOFOS, 1993). Ele pode ser utilizado em combinação com a cromatografia líquida (HPLC) (LONDERO; GRECO, 1996; BERGAMO et al., 1998; STEGHENS et al., 2001; PILZ; MEINEKE; GLEITER, 2000; SIM et al., 2003; KARATAS; KARATEPE; BAYSAR, 2002; MAO et al., 2006; GROTTTO et al., 2007; YONNY et al., 2017) e cromatografia gasosa (SQUIRES et al., 1991; RAHARJO; SOFOS, 1993; ANGELO et al., 1996).

2.3 CAROTENOIDES

Os carotenoides constituem um dos mais importantes grupos de pigmentos naturais devido à larga distribuição, diversidade estrutural e inúmeras funções. São responsáveis pelas cores laranja, amarela e vermelha das frutas, hortaliças, flores, algas, bactérias, fungos, leveduras e animais, que apesar de não sintetizarem tais moléculas, podem obtê-las a partir do consumo de alimentos de origem vegetal (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Duas classes de carotenoides são encontradas na natureza: os carotenos, tais como β -caroteno, hidrocarbonetos lineares que podem ser ciclizados em uma ou ambas as extremidades da molécula (BOTELLA-PAVÍA; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, 2006) e os derivados oxigenados de carotenos, como grupos OH (zeaxantina) ou como oxi-grupos (cantaxantina) (HIGUERA-CIAPARA; FELIX-VALENZUELA; GOYCOOLEA, 2007).

Carotenoides são moléculas orgânicas com funções antioxidantes, pigmentantes, pró-vitamina e imunomoduladoras. Os animais e o homem não são capazes de sintetizar esses pigmentos, mas são capazes de fazer algumas alterações fundamentais para a estrutura

química. Vários compostos de fórmulas estruturais isoméricas ou derivados de carotenoides têm a capacidade de serem convertidos em vitamina A (WILLIAMS; BOILEAU; ERDMAN, 1998). Apesar disso, esse sistema também é responsável pela instabilidade e consequente isomerização e oxidação das moléculas de carotenoides durante o processamento e a estocagem do alimento que o contém (RODRIGUES-AMAYA, 1999).

A proteção antioxidante é fornecida pelos carotenóides acíclicos, que possuem nove ou mais duplas ligações conjugadas, eles são capaz de retirar do meio espécies altamente reativas de oxigênio (MCBRIDE, 1996). A ordem crescente de capacidade de sequestrar o oxigênio por parte dos carotenos e xantofilas é: licopeno, astaxantina ou cantaxantina, β -caroteno ou bixina, luteína e crocina (FONTANA et al., 2000).

A gema é rica em lipídios, vitaminas lipossolúveis E e A, e também uma gama de carotenoides (GRIFFIN; PERRY; GILBERT, 1984). Os carotenoides podem aumentar a capacidade antioxidante total, protegendo assim o ovo dos efeitos prejudiciais de espécies reativas de oxigênio e radicais livres (SIES; STAHL, 2003).

2.3.1 Absorção e transporte dos carotenoides para a gema do ovo

Cada carotenoide possui um padrão individual de absorção, transporte no plasma e metabolismo. Os alimentos que possuem carotenoides, ao serem ingeridos, são liberados no estômago através da ação mecânica do trato digestório na forma de gotículas de gordura (PARKER, 1996; SAUNDERS et al., 2000). Posteriormente, são emulsificados em gotas menores através de sais biliares. Então, os carotenoides são incorporados em micelas compostas de ácidos biliares, ácidos graxos livres, monoglicerídeos e fosfolípidos que serão absorvidos pelas células da mucosa duodenal por um mecanismo envolvendo a difusão passiva, mecanismo similar ao do colesterol (PARKER, 1996; OLSON, 1999). O β -caroteno é transportado no plasma por lipoproteínas e estocado principalmente no tecido adiposo e fígado. A conversão metabólica do carotenoide a retinóides pode ocorrer também em tecidos de diferentes órgãos, tais como o fígado, pulmão e rins (VAN VLIET; VAN SCHAIK; VAN DEN BERG, 1992; WANG, 1994; OLSON, 1999).

Segundo Bendich e Olson (1989), os carotenoides são associados principalmente com lipídios dos tecidos e células de origem animal, incluindo membranas. Carotenoides não são sintetizados pelas aves, então devem ser ingeridos através da dieta, e a sua concentração na dieta está relacionada diretamente a sua concentração nos tecidos.

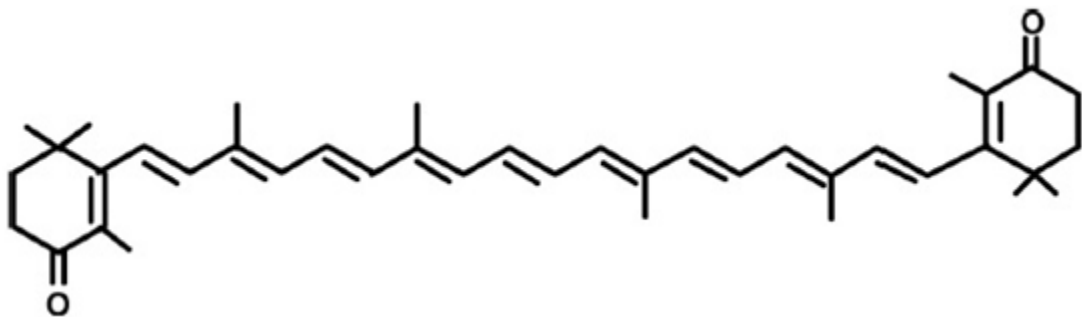
2.3.2 Cantaxantina

A cantaxantina é o nome do 4,4'-diceto- β -caroteno (Figura 1), isolado pela primeira vez há mais de 50 anos a partir de cogumelos comestíveis *Cantharellus cinnabarinus* e, subsequentemente, tem sido encontrado numa variedade de organismos incluindo bactérias, aracnídeos, insetos, algas, plantas superiores, esponjas, moluscos, crustáceos, peixes e aves (BEARDSWORTH; HENÁNDEZ, 2003).

A cantaxantina é um potencial nutriente, reconhecido principalmente na indústria de aves para o seu uso como um pigmento vermelho natural na produção de ovos e aves, para dar a aparência visual que seja necessária e esperada por parte dos consumidores. No entanto, a pesquisa mostrou que há mais funções desempenhadas por carotenoides, do que apenas a pigmentação, mostrando serem moléculas biologicamente ativas, inclusive a cantaxantina (BEARDSWORTH; HENÁNDEZ, 2003).

Além da capacidade pigmentante, os carotenoides são conhecidos como precursores de vitamina A, atuando com imunomoduladores, e possuem propriedade antioxidante, pois removem radicais livres, absorvem e dissipam o excesso de energia destes e reciclam a vitamina E (BÖHM et al., 1997; WILLIAMS; BOILEAU; ERDMAN, 1998).

Figura 1 – Estrutura química da cantaxantina



Fonte: SURAI (2012).

Em relação ao papel dos carotenoides como substância provitamina A, Surai et al. (2001) afirmaram que menos de 10% desses podem ser convertidos em vitamina A. Meléndez-Martínez, Vicário, Heredia, (2004) relataram que os carotenoides α -caroteno, β -caroteno, e β -criptoxantina são carotenoides que possuem alta atividade provitamina A, pois apresentam ao menos um anel ionona no final de sua estrutura. Enquanto isso, a luteína, o

licopeno e a cantaxantina tem pouca ou nenhuma atividade como provitamina A, pois não apresentam o anel ionona nas suas estruturas químicas.

De acordo com European Commission (2002), a cantaxantina absorvida no intestino delgado é transportada pelo sangue ao fígado, onde parte é transformada em substâncias precursoras de vitamina A, e o restante permanece íntegra sendo transportada pelas lipoproteínas aos depósitos alvos. Embora Beardsworth e Henández (2003) tenham demonstrado que, nas aves, a cantaxantina pode ser transformada em vitamina A quando o nível desta última é limitado na dieta, Surai et al. (2003) afirmaram que as dietas das aves são normalmente suplementadas com retinol sintético e, portanto, a contribuição dos carotenoides derivados do alimento para a formação de vitamina A é mínima. Ao avaliarem o efeito da cantaxantina sobre a concentração de vitamina A e E em ovos, embriões e pintos, observaram que não houve alterações nas concentrações de vitamina A, porém aumentou as de vitamina E (SURAI et al., 2003).

A deposição de cantaxantina na gema de ovo é diretamente proporcional ao nível de proteína (BORNSTEIN; BARTOV, 1965; BRAUNLICH, 1974; GRASHORN; STEINBERG; BLANCH, 2000; TYCZKOWSKI; HAMILTON, 1986). Nas aves, há um efeito predominante na concentração de cantaxantina na gema de ovo, sendo que para uma concentração de 1mg de cantaxantina por kg de ração a sua concentração na gema do ovo atinge cerca de 2-3,1 mg de cantaxantina por kg de gema (BRAUNLICH, 1974; SCHIEDT, 1987; HENCKEN, 1992; GRASHORN; STEINBERG; BLANCH, 2000). Outros estudos realizados utilizando cantaxantina permitiram o isolamento de metabólitos a partir do fígado de poedeiras e frangos de corte (SCHIEDT, 1990), bem como a partir de gema de ovo, baço, rim e tecido adiposo perineal (SCHIEDT, 1987). Como resultado, a cantaxantina representava 40% do total de resíduos no fígado, sendo o 4-oxoretinol o metabólito principal (30%) (TYCZKOWSKI; YAGEN; HAMILTON, 1988).

A cantaxantina, além da função pigmentante, possui ação como carotenoide antioxidante (SURAI, 2012). É um dos mais potentes antioxidantes solúveis em lipídios na natureza, e tem sido identificada como um potente removedor de radicais livres (PALOZZA; KRINSKY, 1992; ZHAO et al., 1998; RENGEL et al., 2000). No ovo, a cantaxantina é transferida a partir da gema para o embrião em desenvolvimento e distribuído em muitos órgãos e tecidos (LLAURADO et al, 1997; SURAI et al., 2003; KARADAS et al., 2005), no qual ele pode ajudar proteger a ave em desenvolvimento contra danos oxidativos, particularmente durante os períodos sensíveis de incubação e da vida pós-nascimento precoce (ROBERT et al., 2008).

2.3.2.1 Utilização de cantaxantina na dieta de poedeiras

Pesquisas sobre a utilização de pigmentantes sintéticos nas dietas de galinhas poedeiras ainda são escassos, principalmente no Brasil. Muitas vezes, a utilização de pigmentantes naturais ao invés de carotenoides sintéticos pode ser menos efetiva e mais cara, por isso, esses estudos tendem a se intensificar com a exigência do mercado consumidor por produtos de qualidade diferenciada e a preços mais competitivos (GARCIA et al., 2002).

Em particular, vários carotenoides sintéticos, tais como etil éster beta apo-8-caroteno (pigmento amarelo) e cantaxantina (pigmento vermelho), são utilizados para coloração de gema de ovo. No entanto, a cantaxantina é considerada como uma substância perigosa. Para galinhas poedeiras, a suplementação de cantaxantina não deve exceder 8 mg/kg de dieta, já que a partir disso, cristais podem ser formados na retina por um reversível processo de deposição (BREITHAUPT, 2007).

Gawecki, Potkanmski e Lipinska (1977) suplementaram a dieta de galinha Leghorn com três tipos de corantes: *carophyll* amarelo (etil éster beta apo-8-caroteno) *carophyll* vermelho (Cantaxantina) e farinha de gramínea. Ao analisar as quantidades de carotenóides na gema do ovo, inicialmente estavam em torno de 16 a 17 mg de carotenoides/g de gema. Após duas semanas de suplementação de *carophyll* amarelo, os ovos apresentaram 35 mg de carotenoides/g de gema e, suplementados com *carophyll* vermelho, 22,02 mg de carotenoides/g. Neste mesmo estudo, a cor inicial da gema (escala Hoffmann La Roche) foi 4,3 a 5,8 e passou para 10,0 depois de duas semanas de suplementação com *carophyll*, permaneceu 5,8 com a suplementação de farinha de gramínea e 5,6 no controle. Schoner, Hoppe, Wiesche (1990) suplementaram a dieta de galinhas poedeiras com cantaxantina 10% e citraxantina 10%, concluindo que ambos os carotenoides tornaram a coloração da gema estável durante 12 semanas de armazenamento em temperatura ambiente. Baião et al. (1996) e Angeles e Scheideler (1998) suplementaram a dieta de poedeiras com fontes de pigmentos amarelos e vermelho e tiveram diferenças significativas na cor das gemas dos ovos e não influenciaram o desempenho. Garcia et al. (2002), concluiu que a inclusão 60ppm de cantaxantina na dieta de poedeiras influenciou a coloração das gemas atingindo-se a cor *plateau* de 14,3 do leque colorimétrico Roche, aos 5,43 dias de inclusão do pigmentante à dieta.

3 HIPÓTESES E OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESES

A utilização de dietas suplementadas com cantaxantina para poedeiras poderá apresentar uma melhora no desempenho produtivo.

Dietas à base de milho ou sorgo suplementadas com cantaxantina para poedeiras poderá melhorar a qualidade dos ovos.

Poderá existir um efeito positivo do uso de dietas suplementadas com cantaxantina na vida de prateleira dos ovos através de sua atividade antioxidante.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da suplementação de cantaxantina em dietas à base de milho ou sorgo para poedeiras comerciais de ovos de casca marrom, da 21^a a 48^a semana, sobre a qualidade de ovos durante a vida de prateleira.

3.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os carotenoides presentes na gema de ovo através da suplementação das dietas com cantaxantina.
- Determinar o poder antioxidante da cantaxantina sobre a gema do ovo.
- Determinar o efeito das dietas a base de milho ou sorgo com suplementação de cantaxantina para poedeiras sobre a qualidade de ovos na vida de prateleira.
- Determinar o efeito da temperatura de armazenagem sobre a qualidade de ovos durante a vida de prateleira.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL E ÉPOCA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura da UFSM, Santa Maria entre setembro de 2014 a junho de 2015.

4.2 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

As aves foram alojadas no aviário experimental de postura, em gaiolas, com 218 m² de área, piso de alvenaria, cobertura com telha de fibrocimento, laterais de mureta, tela e cortinas de cor amarela. Foram utilizadas 80 gaiolas metálicas de 1 x 0,45 x 0,45 m (largura, profundidade e altura) com 8 aves por gaiola. Cada gaiola possui um bebedouro tipo taça para cada quatro aves e comedouro do tipo calha (12,5 cm/ave).

Foram utilizadas 640 poedeiras marrons da linhagem Isa Brown, provenientes de uma agroindústria avícola do RS para compor o plantel experimental. O critério de seleção e distribuição foi o peso corporal e a produção de ovos. O programa de luz foi criado de acordo com as diretrizes para a linhagem das aves usadas.

4.3 PERÍODOS EXPERIMENTAIS

O período experimental total foi da 21^a a 48^a semana de idade das aves. Para avaliação de desempenho e qualidade de ovos frescos (0 dias), o experimento foi dividido em sete períodos de 28 dias: I – 21^a a 24^a, II – 25^a a 28^a, III – 29^a a 32^a, IV – 33^a a 36^a, V- 37^a a 40^a, VI 41^a a 44^a e VII 45^a a 48^a semanas de idade.

Para análise de qualidade de ovos foram coletados no início da 24^a, 32^a, 40^a e 48^a semana de idade das aves e armazenados em temperatura refrigerada a 4°C e ambiente a 25°C. As análises foram realizadas aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias (vida de prateleira) de armazenagem dos ovos.

4.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 × 2, sendo dois ingredientes (milho e sorgo) e com ou sem suplementação de cantaxantina (0 e 6 ppm) para análise de desempenho e qualidade de ovos frescos (0 dias), totalizando

quatro tratamentos com dez repetições de 16 aves cada, distribuídas em duas gaiolas. Para análise de ovos armazenados foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2 x 2 sendo dois ingredientes (milho e sorgo) e com ou sem suplementação de cantaxantina (0 e 6 mg/kg de dieta) e armazenagem em temperatura refrigerada (4°C) ou ambiente (25°C), totalizando 8 tratamentos com dez repetições de ovos de 8 aves cada. Para a análise de teor de cantaxantina, luteína, zeaxantina e α -tocoferol nas gemas de ovos, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2, sendo dois ingredientes (milho e sorgo) e com ou sem suplementação de cantaxantina (0 e 6 ppm) totalizando 4 tratamentos com dez repetições de ovos de 16 poedeiras cada.

4.5 DIETAS E ALIMENTAÇÃO

As exigências nutricionais e de energia metabolizável foram determinadas segundo as recomendações de Rostango et al. (2011). A suplementação de um produto comercial com a concentração de 10% cantaxantina, Carophyll Red® 10% (*DSM Nutritional Products Ltd*) foi de acordo com a recomendação do fabricante. As dietas experimentais (Tabela 2) foram preparadas na fábrica de ração do Laboratório de Avicultura (LAVIC- UFSM) por quatro vezes para atender todo o período experimental. Os ingredientes foram os mesmos em todos os preparos da dieta. As dietas foram amostradas (500 mg) em cada preparo e armazenadas sob refrigeração para posterior análise. Ao final do estudo, um *pool* dos quatro preparos foram amostrados e analisados no Laboratório de Bromatologia e Nutrição de Ruminantes (LABRUMEM-UFSM).

Alimentação e água foram fornecidas para consumo *ad libitum*. O programa de alimentação incluiu duas fases de alimentação: dieta pré-experimental (17-20 semanas de idade) e experimental (21-48 semanas de idade). A dieta pré-experimental foi composta por ingredientes livres de fontes de pigmentos (sorgo e farelo de soja, principalmente). As temperaturas máximas e mínimas foram registradas diariamente (APÊNDICE A), segundo o manual da linhagem.

4.6 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS PRESENTES NAS GEMAS DE OVOS

A determinação do perfil de ácidos graxos das gemas de ovos foi realizada a partir de um *pool* de três gemas para cada repetição e analisadas no início do estudo (APÊNDICE B) e ao final (APÊNDICE C), através da cromatografia gasosa, de acordo com o método 996.06 da AOAC (2005) no Laboratório CBO – Campinas.

Tabela 2 – Composição calculada e analisada das dietas para poedeiras

Ingredientes (%)	Dieta a base de milho	Dieta a base de sorgo
Milho	64,50	-
Sorgo	-	64,22
Farelo de soja (46% de PB)	22,75	21,01
Bicarbonato de sódio	0,15	0,15
Fosfato bicálcico	0,25	0,18
Calcário	9,40	9,45
Sal comum	0,39	0,39
Premix vitamínico ¹	0,10	0,10
Premix mineral ²	0,05	0,05
Óleo de soja	2,00	3,90
DL-Metionina	0,25	0,28
L-Lisina	0,06	0,13
L-Treonina	0,04	0,08
Cloreto de Colina	0,05	0,05
Fitase ³	0,006	0,006
Tratamentos		
<i>Cantaxantina</i> ⁴	<i>0 / 0,006</i>	<i>0 / 0,006</i>
COMPOSIÇÃO CALCULADA		
Proteína Bruta (%)	15,60	15,60
Energia metabolizável aparente (kcal/kg)	2885	2885
Calcio (%)	3,85	3,85
Fósforo disponível (%)	0,28	0,28
COMPOSIÇÃO ANALISADA⁵		
Matéria seca (%)	88,38	86,26
Proteína bruta (%)	17,27	16,67
Energia bruta (kcal/kg)	4202	4190
Extrato etéreo (%)	3,10	3,88
Cálcio (%)	3,60	3,42
Fósforo (%)	0,36	0,35
Luteína (mg/kg) ⁶	(4,05) ⁷ (4,12) ⁸	(0,4) ⁷ (0,4) ⁸
Zeaxantina (mg/kg) ⁶	(3,75) ⁷ (3,81) ⁸	(0,26) ⁷ (0,24) ⁸
Cantaxantina (mg/kg) ⁶	(Não detectado) ⁷ (4,33) ⁸	(Não detectado) ⁷ (5,38) ⁸

¹ Níveis mínimos de garantia do premix vitamínico (kg/produto): Vit. A (9000000 UI), Vit D3 (2500000 UI), Vit. E (20000 UI), Vit. K 3 (2500 mg), Vit B 1 (2000 mg), Vit B 2 (6000 mg), Vit B 6 (3000 mg), Vit B 12 (15000 mg), Ácido pantotênico (12g), Niacina (35g), Ácido fólico (1,5 g), Biotina (100 mg), Selênio (250 mg).

² Níveis mínimos de garantia do premix mineral (kg/produto): cobre (16g), Ferro (95g), manganês (140g) e zinco (120g).

³ Ronozyme® Hiphos (GT) 10,000 FYT/kg de produto.

⁴ Carophyll Red® 10% - DSM Nutritional Products Ltd, São Paulo, SP/Brasil.

⁵ Laboratório de Bromatologia e Nutrição de Ruminantes (LABRUMEN).

⁶ Laboratório da empresa DSM Nutritional Products Ltd- Switzerland

⁷ Conteúdo na dieta basal.

⁸ Conteúdo na dieta basal com a suplementação de 6 mg de Cantaxantina/kg de dieta.

4.7 DESEMPENHO PRODUTIVO

4.7.1 Taxa de postura

Diariamente foram feitos os registros dos ovos coletados em cada gaiola, devidamente identificada por tratamento. A cada período de 28 dias, foi calculada a média da taxa de postura de cada repetição, a partir da divisão do total de ovos produzidos pelo número de aves da repetição, multiplicado por 100.

4.7.2 Consumo alimentar

No final de cada período (28 dias), os comedouros foram esvaziados e as sobras pesadas para calcular o consumo de ração individual. O consumo foi calculado pela diferença entre a quantidade fornecida de dieta e a sobra, dividindo o resultado pelo número de aves presentes na repetição.

4.7.3 Peso corporal

Realizou-se a pesagem de 100% das aves no início do experimento e a cada 28 dias, ou seja, no final de cada período de 28 dias, com a utilização de uma balança pendular digital com capacidade de 6 kg.

4.7.4 Peso dos ovos

Os ovos eram identificados por repetição, coletados e pesados em uma balança analítica digital, obtendo assim o peso médio dos ovos dentro do período analisado (28 dias).

4.7.5 Conversão alimentar por dúzia e massa de ovos

A conversão alimentar por dúzia de ovos foi obtida dividindo o consumo das aves no período pelo número de dúzias produzidas por repetição. Para conversão por massa de ovos dividiu-se o consumo das aves no período pelo peso médio de ovos e multiplicado pelo número de ovos na repetição.

4.8 QUALIDADE DE OVOS

Para avaliação da qualidade interna e externa dos ovos, foram selecionados 15 ovos dentro de uma faixa de 2,5% de variação do peso médio do ovo dentro de cada repetição, no final de cada período (28 dias). Os ovos para análise de vida de prateleira (0, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenagem) eram identificados e armazenados em temperatura refrigerada (4°C) ou ambiente (25°), até que fossem utilizados para avaliação da qualidade de ovos.

4.8.1 Peso do ovo, da casca, do albúmen e da gema

Para estas análises foram pesados três ovos por repetição (n= 240) em uma balança analítica e posteriormente quebrados para determinação do peso de casca, gema e albúmen. As gemas foram pesadas em uma balança de precisão (0,0001g). Para a determinação do peso da casca as mesmas foram lavadas para a remoção do albúmen aderido à sua membrana interna. Após secas em temperatura ambiente, por 48 horas, foram pesadas juntamente com a membrana, na mesma balança. O peso da clara foi feito pela diferença entre peso total, peso de gema e casca e o resultado desta variável está apresentado no APENDICE D.

4.8.2 Unidade Haugh

A unidade Haugh (UH) foi calculada como o log da altura do albúmen denso ao lado da gema, corrigido pelo peso do ovo (OVERFIELD, 1995; BERARDINELLI et al., 2003). A medida da altura do albúmen denso (mm) foi realizada nos mesmos ovos da análise anterior, com o auxílio de um paquímetro digital. A fórmula utilizada foi a descrita por Haugh (1937) e Brant, Ohe, Norris (1951): $UH: 100 \text{ Log } (h - 1,7p^{0,37} + 7,6)$; onde; h: altura do albúmen denso (mm), p: peso do ovo (g).

4.8.3 pH de albúmen

O pH do albúmen foi verificado por meio de um pHmetro digital de bancada da marca Digimed, modelo DM-20, que foi calibrado previamente com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. O pH de albúmen foi medido em três ovos por repetição (n=240). Após a quebra do ovo, o albúmen foi separado da gema e colocado em um recipiente, após foi realizada a imersão do eletrodo no conteúdo de albúmen para a leitura do pH.

4.8.4 Resistência da membrana vitelina

Para determinar a resistência da membrana vitelina (RMV) foi utilizada a técnica descrita por Keener et al. (2006). Foram utilizadas as gemas dos mesmos ovos analisados para de pH de albúmen. A RMV foi realizada através do TA.XT Plus Texture Analyzer 123 com capacidade de 50 kg de força, pertencente ao Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) - UFSM. Para mensurar a RMV foi usada uma probe de 2 mm de diâmetro, um *pré-test speed* de 1,00 mm/s, *test speed* de 3,20 mm/s, *post-test speed* 10,00 mm/s, distância de 36 mm e auto força de 0,1g aplicado sobre a gema do ovo.

4.8.5 Índice de gema

Para determinar o índice de gema (IG), foi utilizado um paquímetro digital de profundidade para mensurar a altura e diâmetro das gemas, segundo recomendações de Carbó (1987), dos mesmos ovos utilizados para peso e UH. A fórmula utilizada para determinação foi: índice da gema= altura da gema/média entre dois diâmetros da gema.

4.8.6 Coloração de gema

A coloração da gema foi avaliada comparando a cor das mesmas gemas utilizadas para IG, com o auxílio de um leque colorímetro (DSM – *Yolk color fan*), com escore de 1 a 15, sendo 1- amarelo fraco e 15 - amarelo avermelhado.

4.8.7 Concentração de carotenóides totais (β -caroteno) na gema

Após a avaliação da coloração das gemas, uma amostra de 2 g de cada, foi analisada utilizando um espectrofotômetro portátil (I-Check, BioAnalyt GmbH, Alemanha) que quantificou a concentração de carotenoides totais (β -caroteno) na gema do ovo.

4.8.8 Teor de cantaxantina, luteína, zeaxantina e α -tocoferol na gema

A determinação do teor de carotenoides na gema foi realizada em amostras de gemas de ovos frescos (0 dias) e não nos armazenados. Um *pool* das três gemas utilizadas para coloração e concentração de carotenóides totais por repetição, foi congelado para análise posterior. As gemas foram encaminhadas ao Laboratório da empresa DSM *Nutritional*

Products Ltd- Switzerland para análise, acondicionadas em caixa térmica contendo gelo seco suficiente para que não houvesse o descongelamento das mesmas.

4.8.9 Oxidação lipídica através de substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Para a determinação da oxidação lipídica foi realizado um *pool* de três gemas por repetição (n = 240 gemas). Uma alíquota de 10 g de gema de cada *pool* foi analisada através da técnica TBARS (substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico) descrita por Raharjo, Sofos, Schimidt (1992) adaptado para gemas, no Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais (NIDAL - UFSM). A técnica baseia-se na reação de uma molécula de malondialdeído com duas de ácido tiobarbitúrico, em meio ácido e sob alta temperatura, formando um complexo de coloração amarelada a rósea, o qual foi quantificado por espectrofotometria em um comprimento de onda de 532 nanômetros (nm).

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados por meio de ANOVA e mínimos quadrados (LS) utilizando o procedimento do Modelo Linear Geral (GLM) (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2009) apropriado para esquema fatorial. Os modelos estatísticos de desempenho incluíram os efeitos de ingrediente (milho ou sorgo) e a suplementação de cantaxantina (0 e 6 mg/kg de dieta) e suas interações. Para as respostas de qualidade de ovos também foi incluído a temperatura de armazenagem no modelo como fonte de variação. As interações foram desconsideradas quando o valor de P observado foi acima de 0,05, observando o efeito dos fatores principais quando significativos ($P < 0,05$). O teste de Tukey foi utilizado para comparação de médias.

O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \delta_{ijk} + e_{ijk}$$

Onde: μ : representa uma constante inerente a todas as parcelas;

α_i : é o efeito do nível i do fator ingrediente (A);

β_j : é o efeito do nível j do fator suplementação de cantaxantina (B);

γ_k : é o efeito do nível k do fator temperatura de armazenagem (C);

$\alpha\beta_{ij}$: é o efeito da interação entre os fatores A e B;

$\alpha\gamma_{ik}$: é o efeito da interação entre os fatores A e C;

$\beta\gamma_{jk}$: é o efeito da interação entre os fatores B e C;

δ_{ijk} : é o efeito da interação entre os fatores A, B e C;

e_{ijk} : é o erro experimental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho produtivos estão dispostos nas Tabelas 3 a 7 e organizados por períodos, ou seja, a cada 28 dias. Os resultados de qualidade de ovos estão distribuídos nas Tabelas 8 a 19, organizados por idades das aves (24^a, 32^a, 40^a e 48^a semanas) e pela vida de prateleira (0, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenagem).

5.1 DESEMPENHO PRODUTIVO

Os resultados para taxa de postura (Tabela 3) demonstraram interação nos períodos II ($P=0,0366$), IV ($P=0,0041$) e VI ($P=0,0260$), apresentando maior taxa de postura das aves alimentadas com dietas à base de milho e suplementadas com cantaxantina (CTX) em relação às aves alimentadas com dietas à base de sorgo com suplementação de CTX (períodos II e III) e do que as aves alimentadas com dietas à base de sorgo com ou sem suplementação de CTX (período VI). Bonilla et al. (2017) encontraram efeito positivo da suplementação de CTX na taxa de postura de matrizes de frangos de corte, independente da dieta ser à base de milho ou sorgo e concluíram que o efeito positivo significativo funcional da CTX, no período crítico da produção de ovos, se deve ao seu potencial antioxidante. Alguns estudos afirmam que os carotenoides possuem um potencial benéfico na produção de galinhas poedeiras, quando estas sofrem certo grau de estresse (KRINSKY, 2001; EL-AGAMEY et al., 2004). Já Grashorn e Steinberg (2002), estudando a transferência de CTX da alimentação para os ovos, não observou efeito sobre a taxa de postura. Garcia et al. (2002), suplementando a dieta de poedeiras em até 6 ppm de CTX também não observou diferenças para taxa de postura. Rosa et al. (2012), não observaram diferenças entre as taxas de postura de matrizes de frangos de corte quando suplementadas ou não com 6 mg de CTX/kg de dieta. Nos períodos V ($P=0,0007$) e VII ($P=0,0260$), as aves alimentadas com dietas à base de milho apresentaram maiores taxas de postura, quando comparadas as alimentadas com dietas à base de sorgo. Embora o sorgo utilizado nas dietas tenha sido o de baixo tanino, este fator antinutricional pode ter afetado a biodisponibilidade dos nutrientes. O sorgo geralmente tem a menor digestibilidade de amido entre os grãos de cereais, o que tem sido atribuído à camada de endosperma resistente e periférica que envolve grânulos de amido (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). Subramanian e Metta (2000), Imik et al. (2006) e Moreno et al. (2007) não observaram diferenças na taxa de postura de poedeiras quando substituíram totalmente o milho pelo sorgo. No entanto, Ebadi et al. (2005) avaliaram o sorgo em substituição ao milho em dietas para poedeiras e observaram maior taxa de postura das aves

alimentadas com dietas a base de sorgo. Nos períodos I e III, a taxa de postura não foi afetada por nenhum dos fatores. A taxa de postura semanal está apresentada no APENDICE D.

Tabela 3 – Taxa de postura (%) de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados

Períodos (semana)	Taxa de postura (%)						
	I (21 ^a -24 ^a)	II (25 ^a -28 ^a)	III (29 ^a -32 ^a)	IV (33 ^a -36 ^a)	V (37 ^a -40 ^a)	VI (41 ^a -44 ^a)	VII (45 ^a -48 ^a)
INGREDIENTE							
Milho	75,1	93,5	90,2	88,6	91,0	84,3	83,3
Sorgo	75,3	91,7	88,9	83,6	85,9	75,5	79,3
CTX (mg/kg)							
0	74,3	92,0	89,3	85,8	88,5	79,1	81,0
6	76,1	93,1	89,8	86,4	88,7	80,7	81,4
ING*CTX							
Milho x 0	73,8	91,9ab	88,7	87,2ab	90,0	81,8ab	81,8
Milho x 6	76,5	95,0a	91,7	89,9a	92,1	86,8a	84,8
Sorgo x 0	74,8	92,1ab	90,0	84,4ab	86,7	76,4bc	80,3
Sorgo x 6	75,8	91,4b	87,9	82,8b	85,3	74,6c	78,5
Fonte de variação				Valor de P			
ING	0,9301	0,0366	0,2440	0,0041	0,0007	0,0001	0,0260
CTX	0,3856	0,1634	0,6576	0,7401	0,8156	0,2912	0,7283
ING*CTX	0,6940	0,0243	0,1896	0,0186	0,2067	0,0308	0,1657
Média	75,2	92,6	89,6	86,1	88,6	79,9	81,2
Erro padrão	6,64	2,54	3,32	5,13	4,21	4,74	5,11

^{a, b, c} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

ING = Ingrediente; CTX = Cantaxantina.

As médias dos valores de consumo de ração se encontram na Tabela 4. De acordo com os resultados, houve interação no PVI ($p=0,0044$), apresentando maior consumo das aves alimentadas com dietas à base de sorgo e sem suplementação de CTX em relação à mesma dieta suplementada com CTX, mas não diferiu das dietas a base de milho com ou sem suplementação de CTX. Outros estudos foram reportados mostrando que a suplementação de pigmentantes em dietas a base de sorgo (total ou parcial) não influenciaram o consumo de ração (ANGELES; SCHEIDELER, 1998, BRAZ et al., 2007; GARCIA et al., 2009). Nos períodos I ($P=0,0099$), III ($P=0,0232$), IV ($P=0,0066$) e VII ($P=0,0085$), as aves alimentadas com dietas à base de sorgo, apresentaram maior consumo do que aquelas alimentadas com dietas à base de milho. Armstrong, Britton e Fuller (1973), Nyachoti, Atkison e Leeson (1997), Ebadi et al. (2000) e Imik et al. (2006), ao substituir o milho pelo sorgo na dieta de poedeiras também apresentaram maior consumo de ração nas aves alimentadas com dietas a

base de sorgo. Como comentado anteriormente, o sorgo apresenta menor digestibilidade do que o milho, logo, é provável que a EMA da dieta a base de sorgo, utilizada neste estudo, tenha sido menor do que a da dieta à base de milho. Somente a energia bruta da dieta foi analisada (Tabela 2). Leeson e Summers (1991) afirmaram que a ave aumenta ou diminui o consumo de ração de acordo com a densidade energética da dieta. Outros autores não observaram influência de dietas com substituição total ou parcial do sorgo pelo milho, no consumo de ração (JACOB et al., 1996; SUBRAMANIAN; METTA, 2000; SHAFEY et al., 2003). No PII e PV não houve diferença significativa entre os resultados de consumo de ração.

Tabela 4 – Consumo de ração (g) de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados

Consumo de ração (g/ave/dia)							
Períodos (semana)	I (21 ^a -24 ^a)	II (25 ^a -28 ^a)	III (29 ^a -32 ^a)	IV (33 ^a -36 ^a)	V (37 ^a -40 ^a)	VI (41 ^a -44 ^a)	VII (45 ^a -48 ^a)
INGREDIENTE							
Milho	96	103	99	104	104	96	103
Sorgo	98	102	101	107	106	97	107
CTX (mg/kg)							
0	97	102	100	105	105	97	105
6	97	103	100	105	105	96	105
ING*CTX							
Milho x 0	95	101	99	104	105	96ab	103
Milho x 6	97	105	99	103	104	97ab	103
Sorgo x 0	99	103	102	107	106	99a	107
Sorgo x 6	98	101	100	108	106	95b	107
Fonte de variação				Valor de P			
ING	0,0099	0,4795	0,0232	0,0066	0,0611	0,6630	0,0085
CTX	0,3875	0,4795	0,3545	0,9009	0,8894	0,1618	0,7650
ING*CTX	0,2921	0,3890	0,4658	0,4821	0,7015	0,0044	0,8811
Média	97	102	100	105	105	96	105
Erro padrão	0,0032	0,0053	0,0030	0,0038	0,0026	0,0025	0,0042

^{a, b} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

ING = Ingrediente; CTX= Cantaxantina

Não houve interação significativa em nenhum dos períodos experimentais para peso corporal da ave (Tabela 5). As aves alimentadas com dieta à base de milho apresentaram maior peso corporal nos períodos III ($P=0,0114$), IV ($P=0,0141$), V ($P=0,0002$) e VI ($P=0,0022$) do que as aves alimentadas com dietas à base de sorgo. Imik et al. (2006) e Moreno et al. (2007) não encontraram diferença de peso corporal entre poedeiras alimentadas

com milho ou sorgo. As aves que tiveram a suplementação de cantaxantina apresentaram maior peso corporal do que as aves que não receberam suplementação nos períodos II ($P=0,0182$) e V ($P=0,0179$). Este resultado não concorda com os encontrados por Rosa et al. (2012) que não observaram diferença de peso de matrizes de corte ao suplementar com 6 mg de CTX/kg de dieta.

Tabela 5 – Peso corporal (g) de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados

Períodos (semana)	Peso corporal (g)						
	I (21 ^a -24 ^a)	II (25 ^a -28 ^a)	III (29 ^a -32 ^a)	IV (33 ^a -36 ^a)	V (37 ^a -40 ^a)	VI (41 ^a -44 ^a)	VII (45 ^a -48 ^a)
INGREDIENTE							
Milho	1652	1676	1680	1726	1734	1670	1792
Sorgo	1630	1658	1636	1676	1655	1598	1746
CTX (mg/kg)							
0	1636	1649	1640	1688	1671	1621	1749
6	1646	1685	1676	1714	1718	1647	1788
ING*CTX							
Milho x 0	1644	1656	1658	1711	1709	1654	1772
Milho x 6	1659	1596	1708	1742	1758	1687	1811
Sorgo x 0	1629	1642	1622	1664	1632	1588	1726
Sorgo x 6	1632	1674	1650	1687	1678	1608	1765
Fonte de variação				Valor de P			
ING	0,9690	0,2287	0,0114	0,0141	0,0002	0,0022	0,0575
CTX	0,4753	0,0182	0,3520	0,1824	0,0179	0,2380	0,1109
ING*CTX	0,6534	0,7879	0,6607	0,8460	0,9274	0,7893	0,9983
Média	1461	1667	1658	1701	1700	1634	1769
Erro padrão	39,45	46,09	52,16	62,22	60,32	69,31	74,20

$P=$ não significativo acima de 5%; ING = Ingrediente; CTX= Cantaxantina

Na variável de peso de ovos não houve interação em nenhum dos períodos (Tabela 6). Bonilla et al. (2017), apresentaram maior peso de ovo, provenientes de matrizes de corte alimentadas com dietas a base de sorgo e suplementadas com CTX ou a base de milho e sem suplementação. No quinto período, aves alimentadas com dietas à base de milho produziram ovos com maior peso do que ovos de aves alimentadas com dietas à base de sorgo ($P=0,0092$). Nos demais períodos não foram apresentados diferenças significativas entre ingrediente e cantaxantina.

O peso dos ovos pode ser influenciado pela composição de proteínas e aminoácidos na dieta, principalmente a metionina e a lisina (SILVA et al., 2010). Conforme Leeson e Summers (2001), o valor nutricional do sorgo é, em torno de 4 a 5%, menor em relação ao

milho, uma vez que o amido no sorgo está intimamente associado com a proteína, reduzindo ligeiramente a digestibilidade. O milho possui menor conteúdo protéico, mais óleo e energia e maior quantidade de lisina e metionina que o sorgo, sendo a de triptofano semelhante entre ambos (BUTOLO, 2002). Segundo Fernandes (2003), a digestibilidade de alguns aminoácidos essenciais do milho e do sorgo é de, respectivamente, 93% e 83% para metionina, 90% e 78% para lisina, 87% e 78% para treonina e 78,2% e 74,5% para o triptofano, o que demonstra menor disponibilidade de aminoácidos do sorgo em relação ao milho.

Tabela 6 – Peso do ovo (g) de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados

Peso do ovo (g)							
Períodos (semana)	I (21 ^a -24 ^a)	II (25 ^a -28 ^a)	III (29 ^a -32 ^a)	IV (33 ^a -36 ^a)	V (37 ^a -40 ^a)	VI (41 ^a -44 ^a)	VII (45 ^a -48 ^a)
INGREDIENTE							
Milho	51,4	56,5	56,9	57,17	58,74	58,39	59,88
Sorgo	51,2	55,9	56,1	57,17	57,64	57,67	59,79
CTX (mg/kg)							
0	51,3	56,3	56,8	56,89	58,34	58,14	59,89
6	51,3	56,2	56,2	57,44	58,04	57,93	59,78
ING*CTX							
Milho x 0	51,5	56,5	57,3	57,0	59,1	58,3	59,7
Milho x 6	51,3	56,6	56,5	57,3	58,4	58,4	60,0
Sorgo x 0	51,2	56,1	56,4	56,8	57,6	57,9	60,0
Sorgo x 6	51,3	55,7	55,9	57,5	57,7	57,4	59,5
Fonte de variação				Valor de P			
ING	0,3828	0,1327	0,1079	0,9935	0,0092	0,1029	0,8112
CTX	0,8813	0,7411	0,1736	0,1410	0,4570	0,6302	0,7553
ING*CTX	0,5746	0,6124	0,8001	0,5647	0,3681	0,4868	0,2734
Média	51,33	56,23	56,53	57,17	58,19	58,03	59,83
Erro padrão	0,7676	1,2776	1,4817	1,1534	1,2679	1,3547	1,0774

P = não significativo acima de 5%; ING = Ingrediente; CTX= Cantaxantina

No entanto, Pinto et al. (2005), observaram que rações contendo 75% de substituição do milho pelo sorgo determinaram ovos mais pesados em relação à dieta à base de milho. Imik et al. (2006) substituíram em 100% o milho pelo sorgo na dieta de poedeiras observaram peso de ovos maiores das aves que se alimentaram com dietas à base de sorgo. Ebadi et al. (2005) avaliaram o sorgo em substituição ao milho em dietas para poedeiras e observaram maior peso de ovos das aves alimentadas com dietas à base de sorgo. Moreno et. al. (2007) não observaram diferenças no peso de ovos quando substituíram totalmente o milho pelo sorgo.

Tabela 7 – Conversão alimentar para dúzia de ovos e massa de ovos (kg) de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina nos períodos avaliados

Conversão Alimentar (consumo alimentar/ dúzia de ovos)							
Períodos (semana)	I (21 ^a -24 ^a)	II (25 ^a -28 ^a)	III (29 ^a -32 ^a)	IV (33 ^a -36 ^a)	V (37 ^a -40 ^a)	VI (41 ^a -44 ^a)	VII (45 ^a -48 ^a)
INGREDIENTE							
Milho	1,54	1,32	1,32	1,41	1,40	1,38	1,50
Sorgo	1,58	1,34	1,39	1,54	1,48	1,54	1,62
CTX (mg/kg)							
0	1,60	1,33	1,36	1,48	1,43	1,48	1,58
6	1,52	1,33	1,34	1,47	1,44	1,44	1,54
ING*CTX							
Milho x 0	1,57	1,31	1,34	1,44	1,41	1,41	1,55
Milho x 6	1,51	1,33	1,29	1,38	1,39	1,35	1,46
Sorgo x 0	1,63	1,35	1,38	1,52	1,45	1,55	1,61
Sorgo x 6	1,54	1,32	1,39	1,56	1,49	1,53	1,63
Fonte de variação				Valor de <i>p</i>			
ING	0,4062	0,5999	0,0019	0,0001	0,0013	0,0001	0,0022
CTX	0,1232	0,7641	0,3553	0,7271	0,6350	0,1655	0,3464
ING*CTX	0,6842	0,3509	0,1615	0,0645	0,1739	0,5116	0,1216
Média	1,56	1,33	1,35	1,48	1,44	1,46	1,56
Erro padrão	0,15	0,08	0,06	0,08	0,06	0,09	0,11
Conversão Alimentar (consumo alimentar/ massa de ovos)							
Períodos (semana)	I (21 ^a -24 ^a)	II (25 ^a -28 ^a)	III (29 ^a -32 ^a)	IV (33 ^a -36 ^a)	V (37 ^a -40 ^a)	VI (41 ^a -44 ^a)	VII (45 ^a -48 ^a)
INGREDIENTE							
Milho	2,50	1,95	1,93	2,05	1,99	1,97	2,10
Sorgo	2,58	1,99	2,06	2,25	2,15	2,22	2,24
CTX (mg/kg)							
0	2,60	1,97	1,990	2,17	2,06	2,12	2,16
6	2,48	1,97	1,990	2,13	2,07	2,07	2,16
ING*CTX							
Milho x 0	2,54	1,94	1,95	2,10	1,99	2,01	2,15ab
Milho x 6	2,46	1,96	1,91	2,00	1,98	1,93	2,04b
Sorgo x 0	2,66	2,01	2,04	2,24	2,14	2,22	2,18ab
Sorgo x 6	2,50	1,97	2,07	2,27	2,16	2,22	2,29a
Fonte de variação				Valor de <i>p</i>			
INGREDIENTE	0,3573	0,2626	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0078
CTX	0,1379	0,8747	0,8952	0,4048	0,8462	0,2823	0,9980
ING*CTX	0,6504	0,4324	0,1931	0,1286	0,7404	0,3846	0,0225
Média	2,54	1,97	1,99	2,15	2,06	2,10	2,16
Erro Padrão	0,26	0,12	0,09	0,13	0,11	0,13	0,15

^{a, b} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$). P= Períodos; ING = Ingrediente; CTX= Cantaxantina

Os resultados para conversão alimentar por dúzia de ovos e por massa de ovos estão apresentados na Tabela 7. A conversão alimentar por dúzia de ovos não sofreu interação entre os ingredientes e CTX. Aves alimentadas com dietas à base de milho apresentaram menor conversão alimentar nos períodos III ($P=0,0019$), IV ($P=0,0001$), V ($P=0,0013$), VI ($P=0,0001$) e VII ($P=0,0022$). Os demais períodos não apresentaram diferença significativa entre os fatores ingrediente e CTX.

A conversão alimentar por massa de ovos apresentou interação no último período experimental ($P=0,0225$). As aves alimentadas com dietas à base de milho e suplementadas com CTX apresentaram menor conversão alimentar por massa de ovos do que as alimentadas com dietas à base de sorgo e também suplementadas com CTX, porém não diferiu das demais dietas. Nos períodos III ($P=0,0002$), IV ($P=0,0001$), V ($P=0,0001$) e VI ($P=0,0078$) as aves alimentadas com dietas à base de milho apresentaram menor conversão alimentar em relação às aves alimentadas com dietas a base de sorgo.

A conversão alimentar foi prejudicada quando as poedeiras foram alimentadas com dietas à base de sorgo, independente da suplementação ou não de CTX. Este resultado reflete o maior consumo de ração e a menor taxa de postura e peso de ovos quando alimentadas com a esta dieta. No entanto, Casartelli et al. (2005), Imik et al. (2006) e Assuena et al. (2008) quando substituíram milho pelo sorgo em até 100% nas dietas de poedeiras, não observaram prejuízo no desempenho das aves, dentre eles a conversão alimentar.

5.2 QUALIDADE DE OVOS

5.2.1 Peso dos ovos, albúmen e gema

Os resultados para peso dos ovos não apresentaram interação em nenhuma das idades das aves (Tabela 8). As aves alimentadas com dietas à base de milho, na 24^a, 32^a, 40^a e 48^a semana de idade, apresentaram maior peso de ovos armazenados por 14 ($P=0,0081$), 7 ($P=0,0437$), 28 ($P=0,0410$) e 0 ($P=0,0065$) dias, respectivamente, em relação as aves alimentadas com dietas à base de sorgo. Aves com 48 semanas de idade e que não receberam suplementação de CTX na dieta apresentaram maior peso de ovos frescos (0 dias) quando comparados com as aves que receberam suplementação ($P=0,0435$). Este resultado não é suficiente para concluir que a CTX exerce efeito positivo ou negativo quanto a essa variável.

Ovos coletados na 24^a semana de idade das aves e armazenados por 14 ($P=0,0021$), 21 ($P=0,0001$) e 28 ($P=0,0001$) dias, sob refrigeração (4°C), apresentaram maior peso do que

ovos armazenados em temperatura ambiente (25°C). Ovos coletados na 32^a, 40^a e 48^a semana de idade das aves e, armazenados por 21 ($P=0,0001$, $P=0,0242$ e $P=0,0310$) e por 28 ($P=0,0002$, $P=0,0001$ e $P=0,0001$) dias, também apresentaram maior peso quando refrigerados do que ovos armazenados em temperatura ambiente.

Na Figura 2, podemos observar o comportamento do peso do ovo nas idades das aves, durante a vida de prateleira e nas duas temperaturas as quais os ovos foram armazenados. A temperatura exerceu uma forte influência sobre o peso dos ovos, principalmente aos 21 e 28 dias de armazenagem. Sauveur (1993), Véras et al. (1999) e Barbosa et al. (2004) também observaram o decréscimo de peso do ovo em função da temperatura e tempo de armazenagem. Segundo Rutz et al. (2007) o avançar do período de postura, o peso do ovo aumenta e a casca torna-se mais fina e piora a qualidade interna. Consequentemente, aumentam as trocas gasosas com o meio externo e a perda de umidade, o que é potencializado em temperaturas mais altas, resultando na perda de peso dos ovos ao longo da vida de prateleira.

Tabela 8 – Peso dos ovos (g) de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

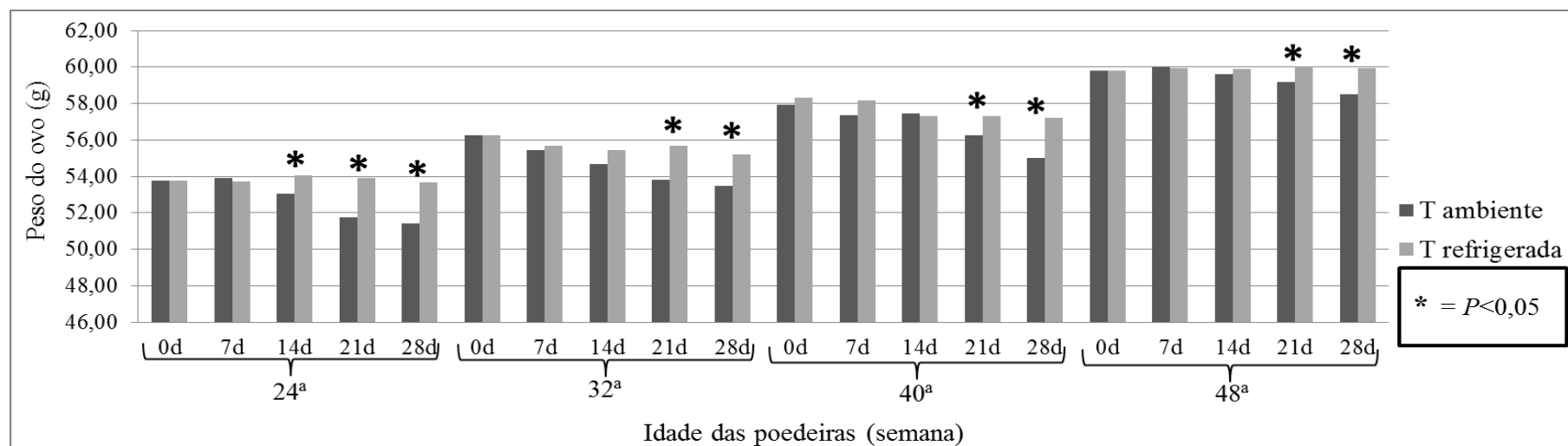
Idade (semana)	Peso dos ovos (g)																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
Fator	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	53,92	53,66	53,98	52,81	52,35	56,53	55,99	55,01	54,83	54,64	58,45	58,09	57,56	56,72	56,56	60,22	60,02	59,60	59,67	59,26
Sorgo (S)	53,62	54,01	53,12	52,84	52,75	55,95	55,14	55,06	54,65	54,02	57,80	57,41	57,18	56,83	55,67	59,35	59,95	59,95	59,56	59,18
CTX (mg/kg)																				
0	53,66	53,82	53,72	52,58	52,45	56,40	55,76	55,25	55,03	54,65	58,27	57,73	57,57	57,19	56,33	60,10	60,18	59,77	59,52	59,24
6	53,87	53,84	53,38	53,07	52,64	56,08	55,37	54,82	54,45	54,01	57,98	57,77	57,17	56,37	55,90	59,47	59,78	59,77	59,71	59,19
T																				
Amb	53,77	53,92	53,04	51,74	51,43	56,24	55,45	54,66	53,81	53,46	57,92	57,35	57,44	56,26	55,01	59,78	59,99	59,62	59,20	58,50
Ref	53,77	53,74	54,06	53,91	53,66	56,24	55,68	55,42	55,67	55,20	58,33	58,15	57,30	57,30	57,22	59,78	59,97	59,92	60,03	59,93
ING*CTX																				
M x 0	53,73	53,70	53,94	52,52	52,21	56,67	56,32	55,07	55,40	54,82	58,97	58,07	57,90	56,90	57,02	60,40	59,76	59,55	59,25	58,97
M x 6	54,10	53,62	54,03	53,10	52,48	56,40	55,67	54,95	54,27	54,47	57,93	58,12	52,22	56,55	26,10	60,03	60,26	59,65	60,10	59,56
S x 0	53,60	53,95	53,51	52,65	52,69	56,13	55,20	55,45	54,67	54,48	57,57	57,40	57,25	57,48	55,65	59,80	60,60	60,00	59,80	59,52
S x 6	53,63	54,06	52,73	53,03	52,80	55,78	55,08	54,70	56,63	53,55	58,03	57,42	57,12	56,18	55,70	58,90	59,30	59,90	59,32	58,83
ING*T																				
M x Amb	53,92	54,15	53,19	51,90	51,45	56,53	55,98	54,83	53,70	53,75	58,31	57,93	57,68	56,02	55,33	60,22	60,18	59,18	59,10	58,47
M x Ref	53,92	53,16	54,78	53,72	53,25	56,53	56,00	55,19	55,96	55,53	58,58	58,25	57,43	57,43	57,78	60,22	59,85	60,02	60,25	60,05
S x Amb	53,62	53,70	52,90	51,58	51,41	55,95	54,92	54,48	53,92	53,17	57,52	56,77	57,20	56,50	54,68	59,35	59,80	60,07	59,30	58,54
S x R	53,62	54,32	53,34	54,10	54,08	55,95	55,37	55,62	55,38	54,87	58,08	58,05	57,17	57,17	56,67	59,35	60,10	59,83	59,82	59,82
CTX*T																				
0 x Amb	53,66	54,10	53,27	51,45	51,53	56,40	55,67	54,81	54,23	53,93	58,28	57,08	57,47	56,70	55,35	60,10	60,22	59,45	59,02	58,45
0 x Ref	53,66	53,55	54,17	53,72	53,38	56,40	55,85	55,68	55,83	55,37	28,25	58,38	57,68	57,68	57,32	60,10	60,15	60,10	60,03	60,03
6 x Amb	53,87	53,75	52,82	52,03	51,33	56,09	55,23	54,50	53,38	52,98	27,55	57,62	57,42	55,82	54,67	59,47	59,77	59,80	59,38	58,55
6 x Ref	53,87	53,93	53,94	54,10	53,95	56,09	55,52	55,15	55,52	55,03	58,42	57,92	56,92	56,92	57,13	59,47	59,80	59,75	60,03	59,83
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	53,73	54,43	53,22	51,43	51,50	56,67	56,20	54,97	54,60	54,17	58,90	57,87	58,10	56,10	55,57	60,40	60,03	58,77	58,73	58,17
M x 0 x Ref	53,73	52,96	54,67	53,60	52,92	56,67	26,43	55,18	56,20	55,47	59,03	58,27	57,70	57,70	58,47	60,40	59,50	60,33	59,77	59,77
M x 6 x Amb	54,10	53,87	53,17	52,37	51,40	56,40	55,77	54,70	52,80	53,33	57,73	58,00	57,27	55,93	55,10	60,03	60,33	59,60	59,47	58,78
M x 0 x Ref	54,10	53,36	54,89	53,83	53,57	56,40	55,57	55,20	55,73	55,60	58,13	58,23	57,17	57,17	57,10	60,03	60,20	59,70	60,73	60,33
S x 0 x Amb	53,60	53,76	53,33	51,47	51,55	56,13	55,13	54,66	53,87	53,70	59,67	56,30	58,83	57,30	55,13	59,80	60,40	60,13	59,30	58,74
S x 0 x Ref	53,60	54,13	53,68	53,83	53,83	56,13	55,27	56,18	55,47	55,27	57,47	58,50	57,67	57,67	56,17	59,80	60,80	59,86	60,30	60,30
S x 6 x Amb	53,63	53,63	52,47	51,70	51,26	55,78	54,70	54,30	53,97	52,63	57,36	57,23	57,57	55,70	54,23	58,90	59,20	60,00	59,30	58,33
S x 6 x Ref	53,63	54,50	53,00	54,37	54,33	55,78	55,47	55,10	55,30	54,47	58,70	58,60	56,67	56,67	57,18	58,90	59,40	59,80	59,33	59,33

(conclusão)

Fonte de variação						Valor de <i>p</i>														
ING	0,2949	0,383	0,0081	0,9187	0,2207	0,1092	0,0437	0,9048	0,6843	0,1565	0,0976	0,1004	0,3928	0,8111	0,041	0,0065	0,8768	0,4342	0,7593	0,8127
CTX	0,4797	0,9652	0,2795	0,1375	0,5616	0,386	0,3579	0,3083	0,1951	0,1457	0,4667	0,9352	0,3527	0,0723	0,311	0,0435	0,3472	0,9982	6286	0,8322
T	1,0000	0,6463	0,0021	0,0001	0,0001	1,0000	0,5759	0,0718	0,0001	0,0002	0,2847	0,0551	0,7454	0,0242	0,0001	1,0000	0,9666	0,5026	0,031	0,0001
ING*CTX	0,5588	0,8020	0,1784	0,7572	0,7969	0,9031	0,5224	0,4717	0,2209	0,5060	0,0565	0,9661	0,5310	0,2976	0,2593	0,3904	0,3630	0,8244	0,0825	0,0759
ING*T	1,0000	0,4860	0,0749	0,2810	0,1775	1,0000	0,6015	0,3367	0,3732	0,9236	0,6981	0,2441	0,8039	0,4097	0,5855	1,0000	0,4559	0,2331	0,4061	0,6757
CTX*T	1,0000	0,3611	0,7208	0,7549	0,2384	1,0000	0,9038	0,7942	0,5518	0,4824	0,2476	0,2275	0,4145	0,8974	0,5584	1,0000	0,9066	0,4336	0,6304	0,6723
ING*CTX*T	1,0000	0,7704	0,9456	0,4386	0,9679	1,0000	0,5231	0,5506	0,3726	0,6894	0,4145	0,3124	0,2481	0,5958	0,1034	1,0000	0,7258	0,3905	0,4309	0,7184
Média	53,77	53,83	53,53	52,82	52,55	56,25	55,57	55,03	54,74	54,33	58,12	57,75	57,37	56,78	56,12	59,78	59,98	59,77	59,61	59,22
Erro Padrão	1,27	1,78	1,41	1,44	1,42	1,58	1,85	1,81	1,99	1,95	1,73	1,83	1,95	2,02	1,90	1,38	1,89	1,99	1,69	1,55

P = não significativo acima de 5%; d = dias de armazenagem; ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C)

Figura 2 – Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre peso do ovo (g), nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)



Os resultados de peso de albúmen estão apresentados na Tabela 9. O peso de albúmen apresentou interação entre ingrediente, CTX e temperatura, em ovos produzidos na 40ª semana de idade das aves, armazenados por 28 dias ($P=0,0223$). Nesta interação, ovos de aves alimentadas com dietas à base de milho e sem suplementação de cantaxantina, armazenados sob refrigeração, apresentaram albúmen mais pesado do que ovos armazenados em temperatura ambiente. Também houve interação entre ingrediente e cantaxantina em ovos produzidos na 32ª semana de idade das aves e armazenados por 28 dias ($P=0,0482$). O albúmen de ovos de aves alimentadas com dietas à base de sorgo com suplementação de CTX apresentou o menor peso em relação às aves alimentadas com dietas a base de milho com ou sem a suplementação de CTX, porém não diferiu da dieta a base de sorgo sem suplementação de CTX.

Ovos de aves alimentadas com dietas à base de milho apresentaram maior peso de albúmen em ovos produzidos na 32ª semana de idade e armazenados por 7 dias ($P=0,0150$), produzidos na 40ª e 48ª semana de idade, armazenados por 7 dias ($P=0,0343$) e frescos ($p=0,0023$) do que ovos de aves alimentadas com dietas à base de sorgo. Já a suplementação de CTX resultou em albúmen com menor peso de ovos frescos (0 dias) produzidos na 40ª ($P=0,0344$) e 48ª ($P=0,0074$) semana de idade das aves do que de aves não suplementadas. A CTX é um carotenoide metabolizado e direcionado para a síntese da gema (alvo), além de utilizados em outras funções bioquímicas, como atividade antioxidante e efeito imunomodulador (SOTO-SALANOVA, 2003), portanto, não possui uma relação com qualidade de albúmen. Khaton, Ali e Dingel (1999) e Hasin et al. (2006), não observaram diferenças para peso de albúmen em ovos de poedeiras suplementadas com CTX. Ovos produzidos na 24ª e 40ª semana de idade das aves e armazenados por 14 ($P=0,0001$ e $P=0,0051$), 21 ($P=0,0001$ e $P=0,0003$) e 28 dias ($P=0,0001$ e $P=0,0001$), em temperatura refrigerada (4°C), e produzidos na 32ª e 48ª semanas de idade, por 21 ($P=0,0001$ e $P=0,0005$) e 28 dias ($P=0,0001$ e $P=0,0001$) apresentaram maior peso de albúmen do que os ovos não refrigerados. O efeito da temperatura sobre o peso de albúmen está expresso na Figura 3. Os efeitos negativos da armazenagem de ovos provavelmente são explicados pelo declínio na qualidade do ovo, e especialmente qualidade do albúmen (SHERWOOD, 1958; LAPÃO et al., 1999). Um dos principais fatores que influenciam a qualidade interna dos ovos são o tempo e as condições de armazenamento dos mesmos (STADELMAN, 1995; SCOTT; SILVERSIDES, 2000).

Tabela 9 – Peso de albúmen (g) de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

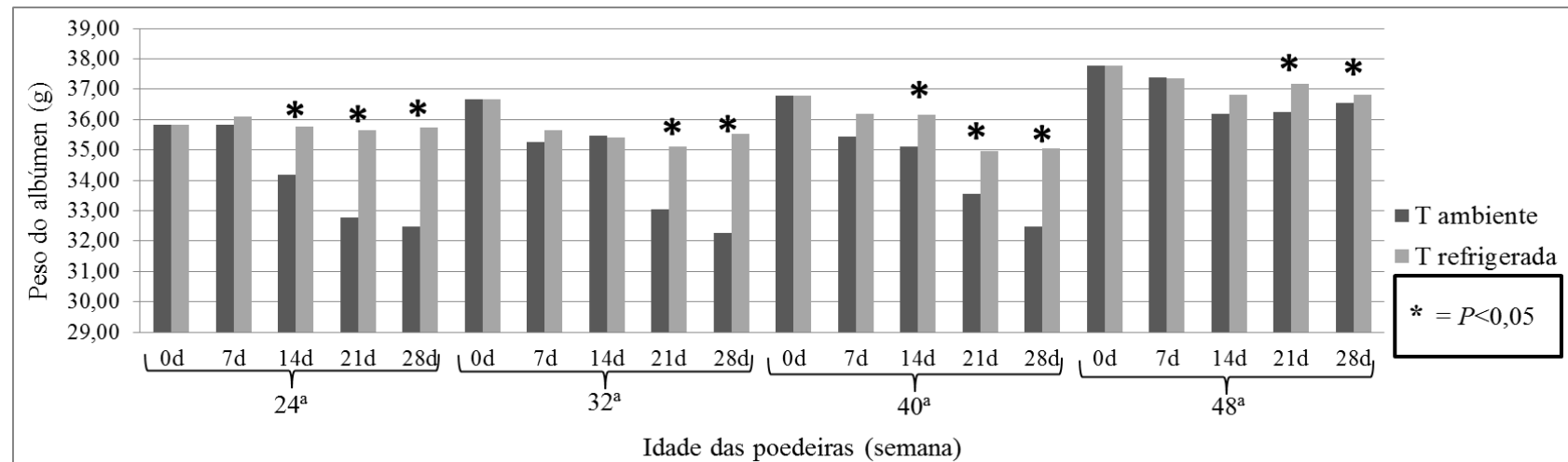
(continua)

Idade (semana)	Peso de albúmen (g)																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
Fator	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	35,93	35,86	35,24	34,17	34,14	36,95	35,92	35,50	34,13	34,32	37,04	36,23	35,48	33,96	33,98	38,20	37,67	36,36	36,70	36,30
Sorgo (S)	35,71	36,09	34,71	34,26	34,08	36,41	34,99	35,38	34,04	33,46	36,52	35,36	35,79	34,54	33,55	37,35	37,07	36,65	36,74	36,09
CTX (mg/kg)																				
0	35,84	36,00	34,99	33,98	34,06	36,69	35,53	35,76	34,32	34,02	37,13	35,89	35,95	34,51	33,89	38,14	37,52	36,68	36,83	36,30
6	35,79	35,95	34,96	34,45	34,16	36,67	35,38	35,12	33,85	33,76	36,44	35,69	35,32	33,99	33,65	37,41	37,22	36,33	36,61	36,09
T																				
Amb	35,82	35,84	34,19	32,77	32,47	36,68	35,26	35,48	33,06	32,26	36,78	35,45	35,11	33,54	32,48	37,78	37,38	36,19	36,26	36,56
Ref	35,82	36,11	35,76	35,66	35,75	36,68	35,65	35,40	35,12	35,52	36,78	36,13	36,15	34,96	35,06	37,78	37,36	36,82	37,18	36,83
ING*CTX																				
M x 0	35,86	35,89	35,04	33,82	34,10	36,84	36,05	35,46	34,57	34,32a	37,60	36,64	35,86	33,98	34,20	38,70	37,69	36,30	36,77	36,32
M x 6	36,00	35,84	35,44	34,53	34,18	37,06	35,80	35,54	33,69	34,32a	36,48	35,81	35,10	33,95	33,76	37,70	37,66	36,43	36,63	36,28
S x 0	35,82	36,12	34,94	34,15	34,02	36,54	35,01	36,06	34,07	33,73ab	36,65	35,14	36,03	35,04	33,57	37,59	37,35	37,08	36,90	36,29
S x 6	35,59	36,06	34,47	34,37	34,14	36,28	34,97	34,70	34,01	33,20b	36,39	35,57	35,54	34,04	33,58	37,11	36,78	36,23	36,58	35,89
ING*T																				
M x Amb	35,93	36,03	34,34	32,89	32,64	36,95	35,84	35,66	32,85	32,63	37,04	36,07	34,91	32,97	32,52	38,20	37,63	35,94	36,11	35,55
M x Ref	35,93	35,69	3,15	35,45	35,65	36,95	36,01	35,34	35,41	36,08	37,05	36,38	36,06	34,96	35,45	38,20	37,71	36,78	37,29	37,05
S x Amb	35,71	35,65	34,04	32,65	32,30	36,41	34,69	35,30	33,27	31,90	36,52	34,83	35,33	34,12	32,44	37,35	37,12	36,44	36,41	35,58
S x R	35,71	36,52	35,37	35,86	35,85	36,41	35,30	35,46	34,82	35,03	36,52	35,88	36,25	34,96	34,67	37,35	37,02	36,86	37,07	36,61
CTX*T																				
0 x Amb	35,84	36,17	34,27	35,54	32,49	36,69	35,35	35,91	33,39	32,55	37,13	35,54	35,65	33,84	32,55	38,15	37,46	36,18	36,35	35,74
0 x Ref	35,84	35,84	35,71	35,42	35,63	36,69	35,71	35,61	35,25	35,50	37,13	36,25	36,26	35,19	35,23	38,15	37,57	37,18	37,32	36,87
6 x Amb	35,79	35,52	34,11	33,00	32,45	36,67	35,18	35,06	32,73	31,98	36,44	35,37	34,60	33,26	32,41	37,41	37,29	36,20	36,17	35,38
6 x Ref	35,79	36,38	35,80	35,90	35,88	36,67	35,59	35,19	34,98	35,54	36,44	36,02	36,04	34,73	34,89	37,41	37,15	36,46	37,04	36,80
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	35,86	36,40	34,09	32,43	32,57	36,84	35,96	35,72	33,84	33,07	37,60	36,17	35,53	32,93	32,22cd	38,70	37,52	35,95	36,16	35,57
M x 0 x Ref	35,86	35,38	35,99	35,21	35,64	36,84	36,14	35,20	35,30	35,58	37,60	37,18	36,20	35,03	36,20a	38,70	37,85	36,65	37,37	37,08
M x 6 x Amb	36,00	35,67	34,58	33,35	32,70	37,06	35,72	35,61	31,86	32,18	36,48	35,97	34,29	33,01	32,82bcd	37,70	37,74	35,94	36,06	35,52
M x 0 x Ref	36,00	36,00	36,31	35,70	35,67	37,06	35,88	35,47	35,52	36,46	36,48	35,65	35,91	34,89	34,70abc	37,70	37,57	36,91	37,21	37,03
S x 0 x Amb	35,82	35,94	34,44	32,66	32,42	36,54	34,73	36,10	32,94	32,03	36,65	34,90	35,75	34,75	32,89bcd	37,59	37,41	36,42	36,53	35,92
x 0 x Ref	35,82	36,29	35,44	35,63	35,62	36,54	35,29	36,02	35,21	35,42	36,65	35,38	36,32	35,34	34,26abcd	37,59	37,30	37,71	37,27	36,66
S x 6 x Amb	35,59	35,37	33,64	32,64	32,19	36,28	34,64	34,51	33,59	31,78	36,39	34,76	34,91	33,50	32,00d	37,11	36,83	36,47	36,28	35,23
S x 6 x Ref	35,59	36,75	35,30	36,10	36,08	36,28	35,30	34,90	34,44	34,63	36,39	36,38	36,17	34,57	35,08ab	37,11	36,74	36,00	36,87	36,56

Fonte de variação						Valor de <i>p</i>										(conclusão)				
ING	0,3311	0,5622	0,0833	0,7325	0,8420	0,0863	0,0150	0,8244	0,8599	0,0218	0,1061	0,0345	0,3972	0,1260	0,2978	0,0023	0,0868	0,4536	0,8780	0,4640
CTX	0,8349	0,8894	0,9165	0,0653	0,7589	0,9491	0,6959	0,2413	0,3218	0,4725	0,0344	0,6198	0,0837	0,1673	0,5548	0,0074	0,3913	0,3586	0,3718	0,4490
T	1,0000	0,4990	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,2995	0,8724	0,0001	0,0001	1,0000	0,0956	0,0051	0,0003	0,0001	1,0000	0,9690	0,1059	0,0005	0,0001
ING*CTX	0,4185	0,9943	0,1574	0,3318	0,9547	0,4504	0,7832	0,1848	0,3869	0,0482	0,1807	0,1237	0,7098	0,1964	0,6151	0,3420	0,4395	0,2114	0,7035	0,5450
ING*T	1,0000	0,1208	0,4328	0,1970	0,4222	1,0000	0,5586	0,6560	0,2877	0,7150	1,0000	0,3614	0,7536	0,1241	0,3901	1,0000	0,7981	0,5794	0,3194	0,4106
CTX*T	1,0000	0,1257	0,6882	0,9569	0,6576	1,0000	0,9527	0,6919	0,6809	0,4023	1,0000	0,9401	0,2574	0,8705	0,8092	1,0000	0,7216	0,3315	0,8294	0,6033
ING*CTX*T	1,0000	0,8477	0,4967	0,3560	0,5492	1,0000	0,9421	0,9689	0,0569	0,1198	1,0000	0,1410	0,8556	0,6401	0,0223	1,0000	0,7141	0,1858	0,9263	0,6102
Média	35,81	35,98	34,92	34,21	34,11	36,68	35,46	35,44	34,08	33,89	36,78	35,79	35,63	34,25	33,77	37,78	37,37	36,51	36,72	36,22
Erro Padrão	1,00	1,72	1,31	1,11	1,47	1,40	1,67	2,40	2,09	1,63	1,43	1,81	1,60	1,67	1,82	1,20	1,55	1,70	1,11	1,25

^{a, b} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$); ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C)

Figura 3 – Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre peso de albúmen (g), nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)



Segundo Sauveur (1993), as principais alterações físico-químicas que afetam o albúmen logo após a postura são: perda de CO₂ e de água através da evaporação do albúmen fluido externo, modificações bioquímicas das proteínas do albúmen fluido interno resultando em passagem de água para a gema. Quanto mais alta a temperatura a que os ovos são expostos, menor é a solubilidade do CO₂ e mais rápida é sua perda para o ambiente (SANTOS, 2005). Logo, a refrigeração manteve o peso de albúmen maior, diminuindo a perda de água para a gema e por evaporação.

O peso de gema (Tabela 10) apresentou interação entre ingrediente, cantaxantina e temperatura em ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves e armazenados por 14 dias ($P=0,0176$). Ovos de aves alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com CTX e armazenados sob refrigeração ou de aves alimentadas com dieta a base de milho e suplementadas com CTX, armazenados em temperatura ambiente, apresentaram menor peso de gema, do que os demais tratamentos.

Houve interação entre ingrediente e cantaxantina em ovos frescos (0 dias) produzidos na 48^a semana de idade ($P=0,0353$). Ovos provenientes de aves alimentadas com dietas à base de milho e suplementadas com CTX apresentaram peso de gema maior do que aqueles provenientes de aves alimentadas com dietas à base de milho e sem suplementação de CTX, porém não diferiu de ovos de aves alimentadas com dietas a base de sorgo, com ou sem a suplementação de CTX. Ovos produzidos na 40^a semana de idade das aves alimentadas com dietas a base de milho tiveram maior peso de gema quando frescos (0 dias) ($P=0,0349$) e aos 14 ($P=0,0036$) dias de armazenagem. Ovos frescos (0 dias) produzidos na 32^a semana de idade das aves não suplementadas com CTX, apresentaram peso de gema maior do que as suplementadas com CTX ($P=0,0360$). No entanto, o contrário foi observado em ovos produzidos na 40^a semana de idade das aves suplementadas com CTX e armazenados por 07 dias, apresentaram peso de gema maior do que as não suplementadas com CTX ($P=0,0051$).

Ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves, armazenados por 21 ($P=0,0001$) e 28 ($P=0,0001$) dias, sob refrigeração, apresentaram menor peso de gema em relação aos armazenados em temperatura ambiente. O mesmo resultado ocorreu pra ovos produzidos na 32^a e 40^a semana de idade das aves, armazenados por 28 ($P=0,0001$) e 7 dias ($P=0,0139$), respectivamente. No entanto, ovos produzidos na 32^a semana de idade das aves e armazenados por 14 dias em temperatura ambiente, apresentaram menor peso de gema do que os ovos armazenados ($P=0,0311$).

Tabela 10 – Peso de gema (g) de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

Fator	Peso de gema (g)																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	12,38	12,44	12,99	13,27	12,86	14,11	14,83	14,74	15,67	15,11	15,74	16,12	16,64	16,86	16,81	15,79	16,46	16,93	16,77	16,9
Sorgo (S)	12,35	12,55	12,96	13,22	13,10	13,97	14,91	14,47	15,15	15,26	15,27	16,14	16,04	16,57	16,32	15,90	16,53	17,12	16,83	16,74
CTX (mg/kg)																				
0	12,28	12,36	13,05	13,28	12,96	14,25	15,01	14,56	15,44	15,34	15,51	15,88	16,41	16,8	16,67	15,84	16,45	16,86	16,74	16,72
6	12,45	12,62	12,91	13,28	13,00	13,83	14,73	14,65	15,38	15,02	15,51	16,39	16,27	16,63	16,46	15,86	16,54	17,19	16,86	16,92
T																				
Amb	12,36	12,59	13,19	13,58	13,45	14,04	14,92	14,27	15,62	15,96	15,51	15,98	16,59	16,92	16,77	15,85	16,44	17,11	16,92	16,74
Ref	12,36	12,39	12,77	12,92	12,51	14,04	14,82	14,94	15,20	14,41	15,51	16,29	16,09	16,52	16,35	15,85	16,56	16,95	16,67	16,90
ING*CTX																				
M x 0	12,27	12,32	13,03	13,24	12,91	14,39	15,04	14,64	15,79	15,27	15,75	15,95	16,96	17,01	17,05	15,61b	16,35	16,60	16,62	16,63
M x 6	12,49	12,56	12,96	13,31	12,81	13,82	14,62	14,83	15,55	14,95	15,74	16,30	16,32	16,72	16,57	15,97a	16,58	17,26	16,91	17,16
S x 0	12,3	12,40	13,07	13,19	13,00	14,11	14,98	14,47	15,09	15,42	15,26	15,80	16,22	16,59	16,29	16,06a	16,55	17,12	16,85	16,81
S x 6	12,41	12,69	12,86	13,26	13,20	13,84	14,84	14,47	15,22	15,10	15,29	16,48	15,86	16,55	16,35	15,74ab	16,51	17,12	16,82	16,67
ING*T																				
M x Amb	12,38	12,58	13,06	13,65	13,40	14,11	14,9	14,57	16,06	15,92	15,74	15,95	16,34	17,09	17,05	15,79	16,46	17,00	17,01	16,83
M x Ref	12,38	12,30	12,93	12,90	12,33	14,11	14,76	14,90	15,28	14,30	15,74	16,29	16,21	16,63	16,57	15,79	16,48	16,87	16,52	16,96
S x Amb	12,35	12,61	13,32	13,50	13,51	13,97	14,94	13,95	15,18	16,01	15,27	16,00	16,84	16,74	16,50	15,90	16,410	17,22	16,83	16,64
S x R	12,35	12,48	12,61	12,95	12,69	13,97	14,89	14,99	15,12	14,52	15,27	16,28	15,97	16,40	16,14	15,90	16,65	17,03	16,83	16,84
CTX*T																				
0 x Amb	12,28	12,43	13,32	13,50	13,46	14,25	15,07	13,90b	15,64	16,11	15,51	15,65	16,34	16,91	16,99	15,84	16,52	16,99	16,65	16,51
0 x Ref	12,28	12,29	12,78	12,94	12,45	14,25	14,95	15,21a	15,23	14,58	15,51	16,10	16,21	16,68	16,35	15,84	16,38	16,73	16,82	16,93
6 x Amb	12,45	12,76	13,06	13,65	13,44	13,83	14,79	14,62ab	15,59	15,81	15,51	16,31	16,84	16,92	16,56	15,86	16,36	17,22	17,20	16,96
6 x Ref	12,45	12,49	12,75	12,91	12,57	13,83	14,70	14,68ab	15,17	14,24	15,51	16,47	15,97	16,35	16,36	15,86	16,73	17,16	16,53	16,87
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	12,27	12,43	13,32a	13,61	13,52	14,39	15,05	14,05	15,87	15,88	15,75	15,84	16,79	17,16	17,52	15,61	16,47	16,59	16,53	16,66
M x 0 x Ref	12,27	12,20	12,74ab	12,88	12,30	14,39	15,03	15,24	15,71	14,66	15,75	16,06	16,22	16,85	16,58	15,61	16,22	16,61	16,72	16,60
M x 6 x Amb	12,49	12,72	12,79ab	13,70	13,27	13,82	14,75	15,10	16,25	15,95	15,74	16,07	17,13	17,02	16,58	15,97	16,45	17,41	17,50	17,01
M x 0 x Ref	12,48	12,39	13,12ab	12,92	12,36	13,82	14,49	14,56	14,85	13,94	15,74	16,53	16,42	16,42	16,56	15,97	16,71	17,12	16,32	17,32
S x 0 x Amb	12,30	12,43	13,31a	13,39	13,40	14,11	15,09	13,75	15,43	16,33	15,26	15,46	15,89	16,67	16,46	16,06	16,56	17,40	16,77	16,37
S x 0 x Ref	12,30	12,38	12,83ab	12,99	12,60	14,11	14,86	15,18	14,75	14,50	15,26	16,15	16,19	16,51	16,13	16,06	16,27	16,85	16,93	17,26
S x 6 x Amb	12,41	12,79	13,32a	13,61	13,62	13,84	14,78	14,14	14,94	15,68	15,29	16,54	16,56	16,82	16,54	15,74	16,27	17,03	16,90	16,91
S x 6 x Ref	12,41	12,59	12,39b	12,90	12,78	13,84	14,91	14,79	15,50	14,53	15,29	16,41	15,53	16,29	16,16	15,74	16,76	17,20	16,74	16,42

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de <i>p</i>																			
ING	0,8214	0,4634	0,8302	0,7186	0,0808	0,5027	0,7034	0,3882	0,0772	0,4977	0,0349	0,9248	0,0036	0,1730	0,0678	0,4947	0,7117	0,4313	0,6828	0,4919
CTX	0,1044	0,0816	0,3053	0,6479	0,7231	0,0360	0,1860	0,7684	0,8437	0,1603	0,9782	0,0051	0,5068	0,4450	0,4234	0,8889	0,6124	0,1719	0,4315	0,4002
T	1,0000	0,1830	0,0036	0,0001	0,0001	1,0000	0,642	0,0311	0,1502	0,0001	1,0000	0,0840	0,0139	0,0622	0,1181	1,0000	0,5199	0,5040	0,1278	0,4716
ING*CTX	0,6156	0,8815	0,6131	0,9821	0,2663	0,4499	0,4928	0,7605	0,5248	0,9823	0,9346	0,3677	0,5062	0,5504	0,3151	0,0353	0,4766	0,1631	0,3396	0,1411
ING*T	1,0000	0,6069	0,0423	0,5007	0,3608	1,0000	0,8245	0,2525	0,2185	0,7686	1,0000	0,8735	0,4988	0,7999	0,8120	1,0000	0,5476	0,8959	0,1286	0,8709
CTX*T	1,0000	0,6684	0,4118	0,5363	0,6057	1,0000	0,8850	0,0469	0,9936	0,9102	1,0000	0,4124	0,0712	0,4298	0,4094	1,0000	0,1790	0,6640	0,1144	0,2720
ING*CTX*T	1,0000	0,9386	0,0176	0,6503	0,5196	1,0000	0,4748	0,4483	0,0345	0,1076	1,0000	0,1446	0,1379	0,9333	0,3593	1,0000	0,9916	0,2831	0,1135	0,0603
Média	12,36	12,49	12,97	13,25	12,98	14,04	14,87	14,6	15,39	15,18	15,51	16,13	16,35	16,71	16,56	15,85	16,5	17,03	16,8	16,82
Erro Padrão	0,47	0,70	0,58	0,72	0,56	0,81	0,80	1,67	1,56	1,12	0,75	0,71	0,91	1,00	0,94	0,68	0,79	1,20	0,64	1,13

^{a, b, c, d} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$); ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C)

Segundo Pardi (1977), à medida que o ovo envelhece, a membrana vitelina da gema torna-se bastante permeável, permitindo que a umidade do albúmen incorpore-se à gema, aumentando seu tamanho e conseqüentemente seu peso. A taxa de transferência de água é significativamente dependente da temperatura e período de armazenamento dos ovos, com taxa de passagem de 10 mg/dia de água a 10°C em 120 dias ou apenas em 30 dias à 30°C (SAUVEUR, 1993). Akyurek e Okur (2009) e Garcia et al. (2015) observaram aumento do peso de gema com o aumento do período de armazenamento, bem como os observados por Santos et al. (2009) que relataram aumento na porcentagem de gema em ovos armazenados em temperatura ambiente. Portanto, o peso da gema é diretamente influenciado pela temperatura e tempo de armazenagem, porém isto não foi observado no estudo.

5.2.2 Unidade Haugh, pH de albúmen, Resistência da Membrana Vitelina e Índice de gema

Quanto a Unidade Haugh (UH) (Tabela 11), houve interação entre os fatores Ingrediente e CTX em ovos de poedeiras com 40 semanas de idade. Ovos frescos (0 dias) de poedeiras alimentadas com dietas à base de sorgo e não suplementadas com CTX e com dietas à base de milho e suplementadas com CTX apresentaram maior UH ($p=0,0193$) do que os ovos de aves alimentadas com dietas à base de sorgo suplementadas com CTX, porém não diferiu dos ovos de aves alimentadas com dietas a base de milho e não suplementadas. Já ovos armazenados por 28 dias, de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo e suplementadas com CTX, apresentaram maior UH do que ovos provenientes de aves alimentadas com dietas à base de milho e não suplementadas com CTX, porém não diferiu dos ovos de aves alimentadas com dietas à base de sorgo e não suplementadas com CTX.

Também houve interação entre ingrediente e temperatura em ovos de poedeiras com 48 semanas de idade, armazenados por 28 dias, o qual apresentou maior UH em ovos armazenados em temperatura refrigerada do que em temperatura ambiente, oriundos de aves alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo ($P=0,0132$).

Ovos frescos (0 dias) de poedeiras com 24 semanas de idade e alimentadas com dietas à base de sorgo, apresentaram maior UH do que ovos de poedeiras alimentadas com dietas à base de milho ($P=0,0058$). O inverso foi observado em ovos frescos (0 dias) de poedeiras com 32 semanas de idade, o qual a maior UH foi resultado de dietas a base de milho do que da dieta à base de sorgo ($P=0,0267$). A suplementação de CTX em dietas de poedeiras favoreceu maior UH em ovos frescos (0 dias) produzidos na 32ª semanas de idades das aves, quando

comparados a ovos de poedeiras sem suplementação ($P=0,0079$). Os resultados para UH nos mostram que a relação entre ingrediente e a suplementação da CTX são inconclusivos.

Os fatores que influenciam a UH são a idade da ave (CUNNINGHAM; COTTERIL; FUNK, 1960; FLETCHER et al., 1981, 1983; COUTTS; WILSON, 1990), genética (WILLIAMS; BOILEAU; ERDMAN, 1992) e armazenagem (tempo e temperatura) (COUTTS; WILSON, 1990). Essa medida, no entanto tem pouca relação com parâmetros da qualidade nutricional (SAUVEUR, 1993). O efeito da temperatura pode ser observado na Figura 4. Ovos produzidos na 24ª e 32ª semana de idade das aves e armazenados por 7, 14, 21 e 28 dias e produzidos na 40ª e 48ª semana de idade das aves, armazenados por 7, 14 e 21 dias, todos em temperatura refrigerada, apresentaram maior UH do que ovos armazenados em temperatura ambiente ($p=0,0001$). Siebel et al. (2003) e Jones e Musgrove (2005) armazenaram ovos à temperatura de 4°C durante dez semanas e observaram que, mesmo com decréscimo, os valores de UH dos ovos refrigerados foram maiores que os mantidos em temperatura ambiente. Samli, Agma e Senkoylu, (2005), armazenaram ovos por 10 dias e a UH diminui significativamente conforme o aumento das temperaturas de 5, 21 e 25°C. Medeiros et al. (2007) observaram que ovos armazenados por sete e 14 dias, sob temperatura refrigerada (8°C), apresentaram melhores valores de UH. Xavier et al. (2008) avaliaram ovos de consumo armazenados por 35 dias em diferentes temperaturas, ovos refrigerados apresentaram padrão de qualidade excelente para UH. Porém, ovos armazenados em temperatura ambiente por 15 dias já apresentavam qualidade inferior. Santos et al. (2009) ao avaliarem ovos comerciais armazenados por 21 dias, em temperatura ambiente, independente do tempo de estocagem, apresentaram UH menor, quando comparados aos ovos mantidos refrigerados. De acordo com Carvalho et al. (2003) e Moura et al. (2008), a refrigeração aumenta o tempo de prateleira dos ovos *in natura*. Garcia et al. (2010) observaram que a UH de ovos armazenados por 4, 8, 12 e 16 dias em temperatura ambiente, diminui drasticamente, e os ovos armazenados no mesmo período, porém em temperatura refrigerada, mantiveram a UH de ovos frescos. Feddern et al. (2017) ao avaliarem ovos de poedeiras armazenados por até 9 semanas em temperatura ambiente e refrigerada, observaram um decréscimo da UH maior em ovos mantidos em temperatura ambiente do que ovos mantidos em temperatura refrigerada.

Tabela 11 – Unidade Haugh de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

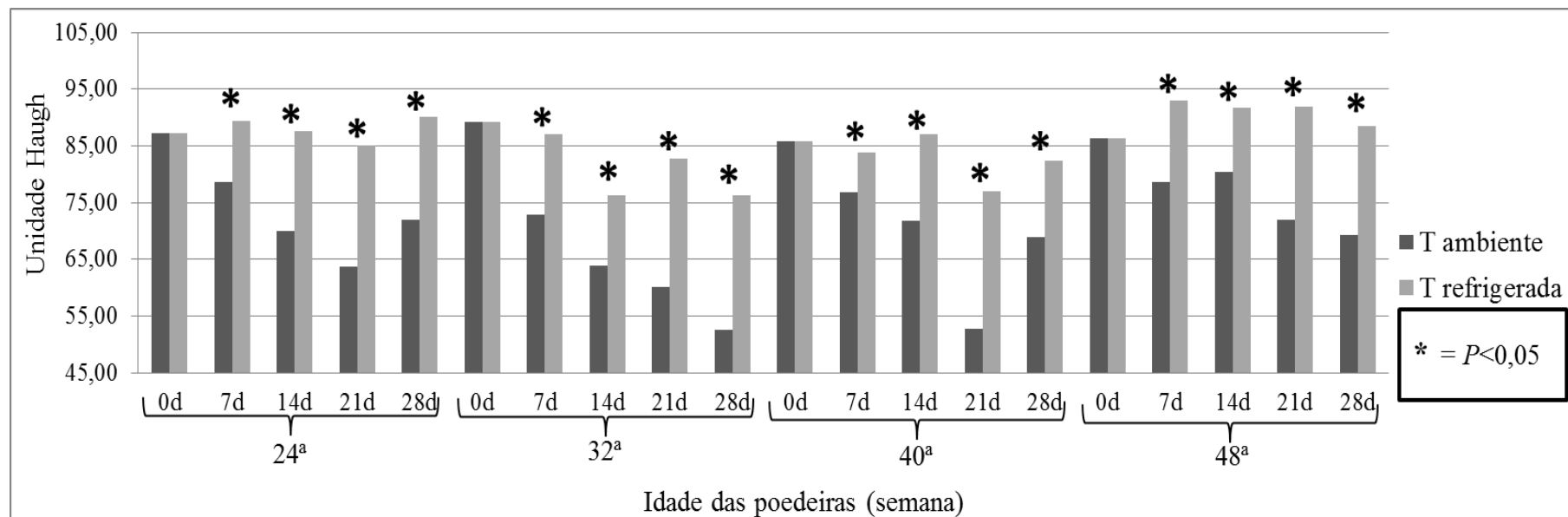
Idade (semanas)	Unidade Haugh																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
Fator	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	86,04	83,70	78,89	73,48	80,73	89,80	80,26	70,25	71,21	64,59	86,09	79,64	78,68	65,70	75,07	86,76	85,96	85,73	81,36	79,09
Sorgo (S)	88,32	84,42	78,74	75,22	81,29	88,69	79,70	69,87	71,56	64,21	85,62	80,97	80,08	64,18	76,26	86,04	85,59	86,36	82,57	78,71
CTX (mg/kg)																				
0	86,94	84,48	78,72	74,39	80,51	88,58	80,59	70,19	71,27	63,63	86,24	81,12	79,84	64,61	74,76	86,31	86,06	86,45	81,99	78,48
6	87,42	83,64	78,91	74,31	81,52	89,91	79,37	69,93	71,50	65,17	85,47	79,49	78,92	65,27	76,57	86,49	85,49	85,64	81,94	79,32
T																				
Amb	87,18	78,67	70,08	63,66	71,99	89,24	72,90	63,85	60,08	52,59	85,86	76,76	71,74	52,82	68,96	86,40	78,56	80,37	71,94	69,22
Ref	87,18	89,45	87,55	85,04	90,03	89,24	87,06	76,28	82,69	76,21	85,86	83,84	87,01	77,06	82,37	86,40	92,98	91,72	91,99	88,58
ING*CTX																				
M x 0	85,25	84,05	78,56	73,28	80,32	89,45	81,12	70,11	71,20	64,17	85,02ab	79,94	79,11	66,36	73,64b	86,42	86,36	86,31	81,84	78,20
M x 6	86,84	83,34	79,23	73,68	81,15	90,45	79,40	70,39	71,22	65,01	87,17a	79,33	78,25	65,04	76,49a	87,11	85,56	85,15	82,88	79,99
S x 0	88,64	84,91	78,88	75,51	80,69	87,71	80,06	70,27	71,34	63,08	87,47a	82,31	80,57	62,86	75,87ab	86,21	85,76	86,58	82,14	78,76
S x 6	88,01	83,93	78,60	74,94	81,88	89,68	79,33	69,47	71,78	65,34	83,78b	79,64	79,59	65,51	76,66a	85,88	85,42	86,14	83,00	78,66
ING*T																				
M x Amb	86,04	77,77	69,70	62,54	71,48	89,80	73,37	64,04	59,77	53,21	86,10	76,59	70,53	53,83	67,72	86,76	79,23	80,18	71,54	68,53b
M x Ref	86,04	89,63	88,08	84,43	89,99	89,80	87,15	76,46	85,66	75,96	86,10	85,68	86,83	77,57	82,41	86,76	92,69	91,28	91,17	89,66a
S x Amb	88,32	79,57	70,45	64,78	72,50	88,69	72,43	63,66	60,40	51,96	85,62	76,94	72,96	51,82	70,19	86,04	77,90	80,55	72,34	69,92b
S x R	88,32	89,28	87,02	85,66	90,07	88,69	86,97	76,09	82,72	76,46	85,62	85,01	87,20	76,55	82,33	86,04	93,27	92,16	92,80	87,49a
CTX*T																				
0 x Amb	86,94	79,47	69,26	63,96	71,12	88,58	73,81	64,41	59,61	51,67	86,24	77,23	73,00	52,56	68,14	86,31	79,01	80,13	72,58	68,92
0 x Ref	86,94	89,49	88,17	84,82	89,89	88,58	87,38	75,98	85,93	75,58	86,24	85,02	86,68	76,65	81,37	86,31	93,10	92,76	91,40	88,04
6 x Amb	87,42	77,87	70,89	63,36	72,86	89,91	71,99	63,29	60,56	53,50	85,47	76,30	70,49	53,08	69,77	86,49	78,12	80,61	71,30	69,53
6 x Ref	87,42	89,41	86,94	85,27	90,17	89,91	86,74	76,58	82,45	76,85	85,47	82,67	87,35	77,47	83,38	86,49	92,86	90,68	92,57	89,11
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	85,25	78,52	68,15	62,52	70,89	89,45	74,49	64,39	59,29	53,46	85,02	76,84	71,44	54,57	66,43	86,41	79,00	80,12	72,70	68,39
M x 0 x Ref	85,25	89,58	88,97	84,04	89,74	89,45	87,76	75,84	83,10	74,88	85,02	83,04	86,79	78,14	80,85	86,41	93,72	92,50	90,99	88,11
M x 6 x Amb	86,84	77,01	71,26	62,56	72,07	90,15	72,26	63,69	60,24	52,97	87,17	76,35	69,62	53,09	69,01	87,11	79,45	80,24	70,40	68,77
M x 0 x Ref	86,84	89,68	87,20	84,81	90,23	90,15	86,54	77,09	82,21	77,05	87,17	82,32	86,88	77,00	83,97	87,11	91,66	90,06	91,36	91,20
S x 0 x Amb	88,64	80,42	70,38	65,41	71,35	87,71	73,13	64,43	59,92	49,89	87,47	77,62	74,56	50,56	69,86	86,21	79,02	80,14	72,46	69,56
S x 0 x Ref	88,64	89,41	87,38	85,61	90,04	87,71	87,00	76,12	82,75	76,28	87,47	87,00	86,58	75,16	81,88	86,21	92,49	93,02	91,82	87,97
S x 6 x Amb	88,00	78,73	70,52	64,15	73,65	89,68	71,72	62,88	60,88	54,03	83,78	76,26	71,37	53,08	70,53	85,88	76,78	80,97	72,21	70,29
S x 6 x Ref	88,00	89,14	86,67	85,72	90,10	89,68	86,94	76,06	82,69	76,65	83,78	83,02	87,82	77,93	82,79	85,88	94,05	91,30	93,78	87,02

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de <i>p</i>																			
ING	0,0058	0,3390	0,8685	0,1381	0,2938	0,0267	0,5713	0,7601	0,7958	0,7563	0,6997	0,1928	0,1955	0,1524	0,1907	0,3349	0,6985	0,4506	0,1275	0,5863
CTX	0,5540	0,2672	0,8327	0,9448	0,0562	0,0079	0,2184	0,8318	0,8609	0,2040	0,5310	0,1118	0,3930	0,5262	0,0487	0,8060	0,5510	0,3358	0,9448	0,2347
T	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
ING*CTX	0,1705	0,8567	0,6085	0,6768	0,7395	0,1996	0,6165	0,6633	0,8753	0,5594	0,0193	0,3135	0,9610	0,0628	0,0259	0,4925	0,8065	0,6679	0,2503	0,1805
ING*T	1,0000	0,1570	0,3313	0,6671	0,3705	1,0000	0,6989	0,9945	0,8330	0,4706	1,0000	0,3337	0,3364	0,6401	0,1635	1,0000	0,3224	0,7586	0,5955	0,0132
CTX*T	1,0000	0,3174	0,1267	0,6533	0,1621	1,0000	0,5540	0,4884	0,5946	0,8192	1,0000	0,4851	0,1439	0,8903	0,8303	1,0000	0,7357	0,1275	0,1241	0,7393
ING*CTX*T	1,0000	0,9502	0,2797	0,8891	0,4550	1,0000	0,9303	0,9243	0,8791	0,1880	1,0000	0,5595	0,5579	0,9827	0,9387	1,0000	0,1025	0,9999	0,8809	0,1296
Média	87,18	84,06	78,82	74,21	80,90	89,24	80,14	70,06	71,38	64,40	85,86	80,31	79,38	64,79	75,66	86,40	85,57	85,87	81,96	78,90
Erro Padrão	3,58	3,37	4,14	5,15	2,27	2,18	4,36	5,51	6,00	5,40	5,46	4,55	4,79	4,59	4,05	3,33	4,20	3,65	3,51	3,13

^{a, b.} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$); ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C)

Figura 4 – Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre a Unidade Haugh, nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)



Os valores de pH de albúmen deste estudo, ainda em ovos frescos (0 dias), foram relativamente altos e não estão de acordo com os valores apresentados na literatura (entre 7,6 e 8,5). Nos resultados de pH de albúmen (Tabela 12) podemos observar interação entre ingrediente e CTX apenas em ovos frescos (0 dias) produzidos na 32ª semana de idade das poedeiras ($P=0,0067$). Ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de sorgo e com suplementação de CTX apresentaram pH mais baixo do que ovos de aves alimentadas com dietas a base de milho, suplementadas ou não com CTX, ou quando alimentadas com dietas a base de sorgo e não suplementadas. Ovos produzidos na 32ª semana de idade das aves, alimentadas com dietas a base de milho, e armazenados por 28 dias, apresentaram pH mais baixo do que ovos de aves alimentadas com dietas a base de sorgo ($P=0,0182$). Mesmo com esse resultado significativo, o aumento do pH é influenciado por mudanças químicas no albúmen devido ao tempo de armazenamento e temperatura (HEATH, 1977), não atribuindo essas mudanças à nutrição da ave.

A influência da temperatura foi marcante no pH de albúmen de ovos produzidos na 24ª, 32ª, 40ª e 48ª semana de idade das aves. Este efeito foi altamente significativo ($P=0,0001$) em toda a vida de prateleira dos ovos (7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento) (Figura 5). Com a exceção de que ovos produzidos na 24ª semana de idade das aves e armazenados por 21 dias em temperatura ambiente (25°C), que apresentaram pH de albúmen inferior a de ovos refrigerados (4°C) ($P=0,0001$), nos demais dias, todos os ovos armazenados em temperatura refrigerada (4°C) mantiveram pH de albúmen menor do que os armazenados em temperatura ambiente (25°C). Akyurek e Okur (2009) observaram aumento no pH do albúmen em função do tempo de armazenamento e da temperatura de conservação dos ovos (4° ou 20°C), mostrando pH maior quando armazenados em 20°C. Alleoni e Antunes (2001) relataram que o pH do albúmen após uma semana de armazenamento em temperatura ambiente (25°C) e refrigeração (8°C) o albúmen elevou o pH a 9,34. Samli, Agma e Senkoylu, (2005) analisaram o pH de albúmen de ovos frescos (pH de 7,47) e armazenados por 10 dias em temperatura refrigerada (5°C), ambiente (21°C) e aquecida (29°C) e encontraram aumento do pH conforme a temperatura de armazenagem. Garcia et al. (2010) ao armazenarem ovos em temperatura ambiente ou refrigerada por até 16 dias, notaram que o pH de albúmen dos ovos refrigerados foi menor quando comparados a ovos mantidos em temperatura ambiente.

Tabela 12 – pH de albúmen de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

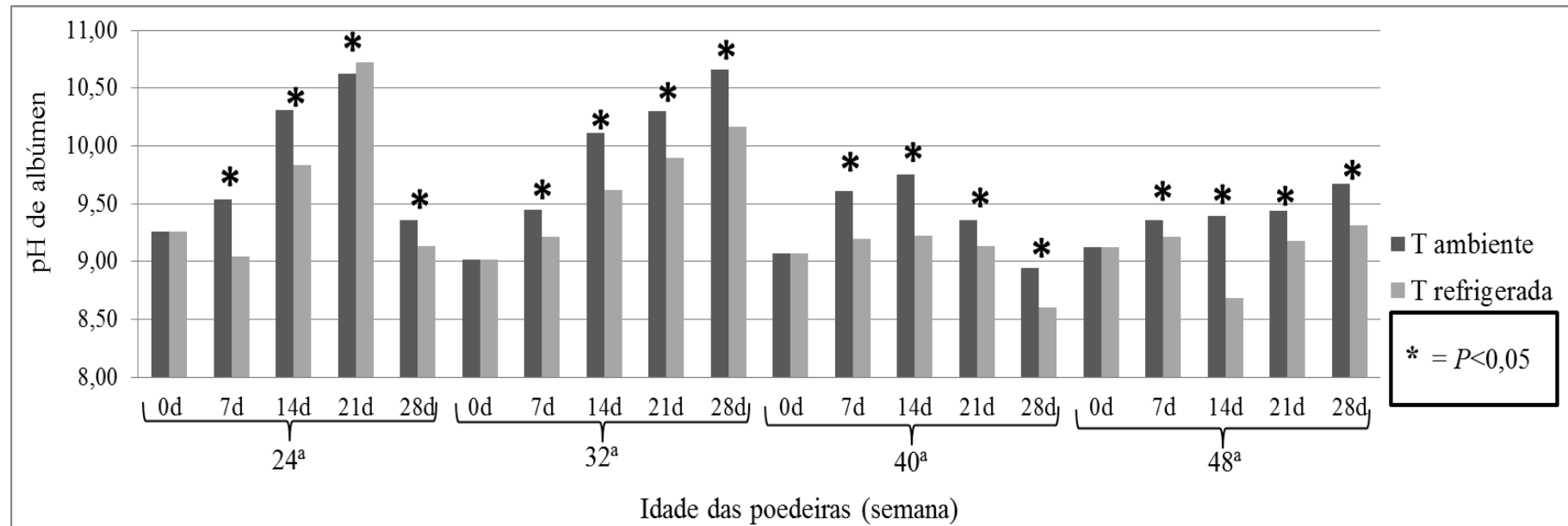
Idade (semanas)	pH de albúmen																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	9,28	9,30	10,07	10,66	9,25	9,01	9,32	9,87	10,08	10,37	9,09	9,41	9,46	9,25	8,76	9,14	9,28	9,03	9,30	9,49
Sorgo (S)	9,25	9,29	10,07	10,67	9,24	9,02	9,34	9,87	10,11	10,45	9,04	9,40	9,51	9,24	8,77	9,09	9,28	9,04	9,32	9,49
CTX (mg/kg)																				
0	9,26	9,30	10,07	10,66	9,23	8,97	9,32	9,87	10,09	10,42	9,11	9,46	9,49	9,25	8,76	9,10	9,28	9,03	9,30	9,49
6	9,27	9,29	10,07	10,67	9,26	9,07	9,34	9,87	10,10	10,41	9,03	9,35	9,48	9,24	8,77	9,13	9,28	9,04	9,32	9,49
T																				
Amb	9,26	9,54	10,31	10,62	9,36	9,02	9,45	10,11	10,30	10,66	9,07	9,61	9,75	9,36	8,94	9,12	9,36	9,39	9,44	9,67
Ref	9,26	9,04	9,83	10,72	9,13	9,02	9,21	9,62	9,90	10,17	9,07	9,20	9,22	9,13	8,60	9,12	9,21	8,68	9,18	9,31
ING*CTX																				
M x 0	9,27	9,29	10,08	10,66	9,24	9,05ab	9,31	9,86	10,09	10,38	9,18	9,45	9,47	9,26	8,76	9,11	9,29	9,03	9,29	9,48
M x 6	9,28	9,31	10,07	10,66	9,25	8,98ab	9,33	9,87	10,07	10,36	9,01	9,37	9,46	9,24	8,76	9,17	9,28	9,04	9,32	9,49
S x 0	9,24	9,30	10,07	10,66	9,22	8,89b	9,33	9,87	10,10	10,45	9,04	9,47	9,51	9,24	8,76	9,09	9,28	9,04	9,31	9,49
S x 6	9,25	9,28	10,07	10,68	9,26	9,16a	9,36	9,87	10,12	10,45	9,05	9,34	9,50	9,24	8,79	9,10	9,29	9,05	9,33	9,50
ING*T																				
M x Amb	9,28	9,55	10,31	10,61	9,35	9,01	9,44	10,12	10,28	10,61	9,09	9,64	9,73	9,37	8,92	9,14	9,36	9,39	9,43	9,67
M x Ref	9,28	9,04	9,83	10,70	9,14	9,01	9,20	9,62	9,88	10,13	9,09	9,19	9,20	9,13	8,60	9,14	9,20	8,68	9,18	9,31
S x Amb	9,25	9,53	10,31	10,62	9,36	9,02	9,47	10,11	10,31	10,70	9,04	9,59	9,77	9,35	8,96	9,09	9,36	9,39	9,45	9,68
S x R	9,25	9,05	9,84	10,73	9,12	9,02	9,22	9,63	9,91	10,20	9,04	9,22	9,24	9,13	8,60	9,09	9,21	8,69	9,19	9,31
CTX*T																				
0 x Amb	9,26	9,54	10,31	10,60	9,35	8,97	9,44	10,11	10,28	10,68	9,11	9,65	9,77	9,38	8,94	9,10	9,37	9,39	9,42	9,67
0 x Ref	9,26	9,04	9,84	10,72	9,11	8,97	9,20	9,62	9,90	10,16	9,11	9,28	9,21	9,12	8,59	9,10	9,20	8,68	9,18	9,30
6 x Amb	9,27	9,54	10,31	10,63	9,36	9,07	9,46	10,12	10,31	10,64	9,03	9,58	9,72	9,34	8,94	9,13	9,36	9,40	9,46	9,67
6 x Ref	9,27	9,05	9,83	10,71	9,15	9,07	9,22	9,62	9,89	10,17	9,03	9,13	9,23	9,14	8,61	9,13	9,21	8,68	9,19	9,31
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	9,27	9,53	10,32	10,60	9,35	9,05	9,43	10,11	10,28	10,66	9,18	9,68	9,76	9,40	9,93	9,11	9,36	9,38	9,41	9,66
M x 0 x Ref	9,27	9,05	9,83	10,71	9,13	9,05	9,20	9,61	9,90	10,10	9,18	9,22	9,19	9,13	8,59	9,11	9,21	8,68	9,17	9,31
M x 6 x Amb	9,28	9,57	10,30	10,63	9,36	8,98	9,44	10,12	10,28	10,56	9,01	9,60	9,70	9,35	8,92	9,17	9,37	9,40	9,45	9,68
M x 0 x Ref	9,28	9,04	9,83	10,69	9,15	8,98	9,20	9,62	9,87	10,16	9,01	9,15	9,22	9,13	8,60	9,17	9,19	8,67	9,18	9,30
S x 0 x Amb	9,24	9,55	10,30	10,60	9,36	8,89	9,45	10,11	10,29	10,69	9,04	9,62	9,78	9,36	8,95	9,09	9,38	9,39	9,43	9,69
S x 0 x Ref	9,24	9,04	9,84	10,72	9,09	8,89	9,21	9,64	9,91	10,21	9,04	9,33	9,23	9,12	8,58	9,09	9,19	8,68	9,19	9,29
S x 6 x Amb	9,25	9,51	10,32	10,64	9,37	9,16	9,48	10,11	10,34	10,72	9,05	9,56	9,76	9,33	8,96	9,10	9,34	9,40	9,47	9,66
S x 6 x Ref	9,25	9,05	9,83	10,73	9,15	9,16	9,23	9,62	9,91	10,19	9,05	9,11	9,25	9,14	8,61	9,10	9,23	8,69	9,19	9,33

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de <i>p</i>																			
ING	0,0821	0,5026	0,8772	0,3335	0,5922	0,9151	0,3831	0,9243	0,0730	0,0182	0,5975	0,9133	0,2274	0,6090	0,0572	0,4189	0,9187	0,7314	0,2063	0,6453
CTX	0,5586	0,8882	0,8649	0,4406	0,0479	0,1025	0,4923	0,9621	0,6832	0,7576	0,4304	0,1559	0,7226	0,5944	0,2052	0,5333	0,9457	0,7080	0,0583	0,7629
T	1,0000	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
ING*CTX	0,9754	0,2564	0,6711	0,5434	0,3944	0,0067	0,8850	0,6692	0,1402	0,7576	0,3637	0,7290	0,8824	0,6685	0,2501	0,6754	0,6832	0,7788	0,9485	0,9873
ING*T	1,0000	0,4451	0,9384	0,5009	0,1860	1,0000	0,8852	0,6521	0,9090	0,6657	1,0000	0,5729	0,9410	0,4465	0,0651	1,0000	0,7337	0,7549	0,9828	0,8117
CTX*T	1,0000	0,9626	0,9077	0,2452	0,2281	1,0000	0,9526	0,7940	0,2903	0,3885	1,0000	0,6232	0,3527	0,3027	0,3015	1,0000	0,3961	0,6398	0,1402	0,5362
ING*CTX*T	1,0000	0,1770	0,3357	0,7548	0,3944	1,0000	0,9797	0,8308	0,7073	0,1049	1,0000	0,5684	0,7787	0,9583	0,8822	1,0000	0,0858	0,7080	0,9142	0,0986
Média	9,26	9,29	10,07	10,67	9,24	9,02	9,33	9,87	10,10	10,41	9,07	9,41	9,49	9,25	8,77	9,11	9,28	9,04	9,31	9,49
Erro Padrão	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,27	0,13	0,09	0,07	0,14	0,44	0,34	0,15	0,11	0,04	0,24	0,06	0,07	0,05	0,07

^{a, b} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$); ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C)

Figura 5 – Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre o pH de albúmen nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem).



A variável resistência da membrana vitelina (RMV) não apresentou interação entre ingrediente, CTX e temperatura (Tabela 13). Ovos frescos produzidos na 32ª semana de idade das aves alimentadas com dietas à base de sorgo apresentaram maior RMV do que aves alimentadas com dietas à base de milho ($P=0,0364$). Ovos produzidos na 40ª semana de idade de aves suplementadas com CTX, e armazenados por 21 dias, apresentaram menor RMV do que os de aves não suplementadas ($P=0,0365$). No entanto, ovos frescos (0 dias) produzidos na 48ª semanas de idade das aves, tiveram maior RMV quando as aves foram suplementadas com CTX ($P=0,0003$).

Ovos produzidos na 24ª e 40ª semana de idade das aves e armazenados em temperatura refrigerada (4°C) por 14 ($P=0,0084$ e $P=0,0033$), 21 ($P=0,0388$ e $P=0,0062$) e 28 ($P=0,0001$ e $P=0,0161$) dias, apresentaram maior RMV do que ovos armazenados em temperatura ambiente. Este mesmo resultado foi observado em ovos de poedeiras com 32ª e 48ª semana de idade das aves, em ovos armazenados por 07 ($P=0,0193$) e 21 ($P=0,0013$) dias, respectivamente. No entanto, o contrário foi observado em ovos produzidos na 48ª semana de idade, armazenados por 14 dias em temperatura ambiente (25°C) apresentaram maior RMV do que ovos armazenados em temperatura refrigerada (4°C). O efeito da temperatura sobre a RMV de acordo com a idade das aves e com a vida de prateleira está expresso na Figura 6.

Fatores que influenciam a RMV são os mesmos fatores que influenciam a qualidade do albúmen (FROMM; LIPSTEIN, 1964), como tempo de armazenagem, temperatura, umidade e manuseio (STADELMAN; COTTERILL, 1995). À medida que o ovo envelhece, a qualidade dos ovos diminui e a taxa de deterioração do albúmen e as gema aumentam expressivamente com temperaturas de armazenamento altas (KIRUNDA; MCKEE, 2000). Feeney et al. (1956), Kido, Janado e Nunoura (1976) e Kato et al. (1979) descobriram que ao longo do tempo de armazenagem, as glicoproteínas estruturais que compõem a membrana perdem a sua integridade. Kirunda e McKee (2000) relataram que os valores da resistência da membrana estão significativamente relacionados com o Índice de gema, pH de albúmen e UH. Keener et al. (2006) avaliaram a RMV de ovos armazenados em diferentes temperaturas (5°, 13° e 23°C) e concluíram que a membrana se manteve mais resistente quando em temperatura de 5°C. Isso ficou evidente nos ovos produzidos na 24ª e 40ª semana e armazenados aos 14, 21 e 28 dias em temperatura refrigerada (4°C).

Tabela 13 – Resistência da Membrana Vitelina de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

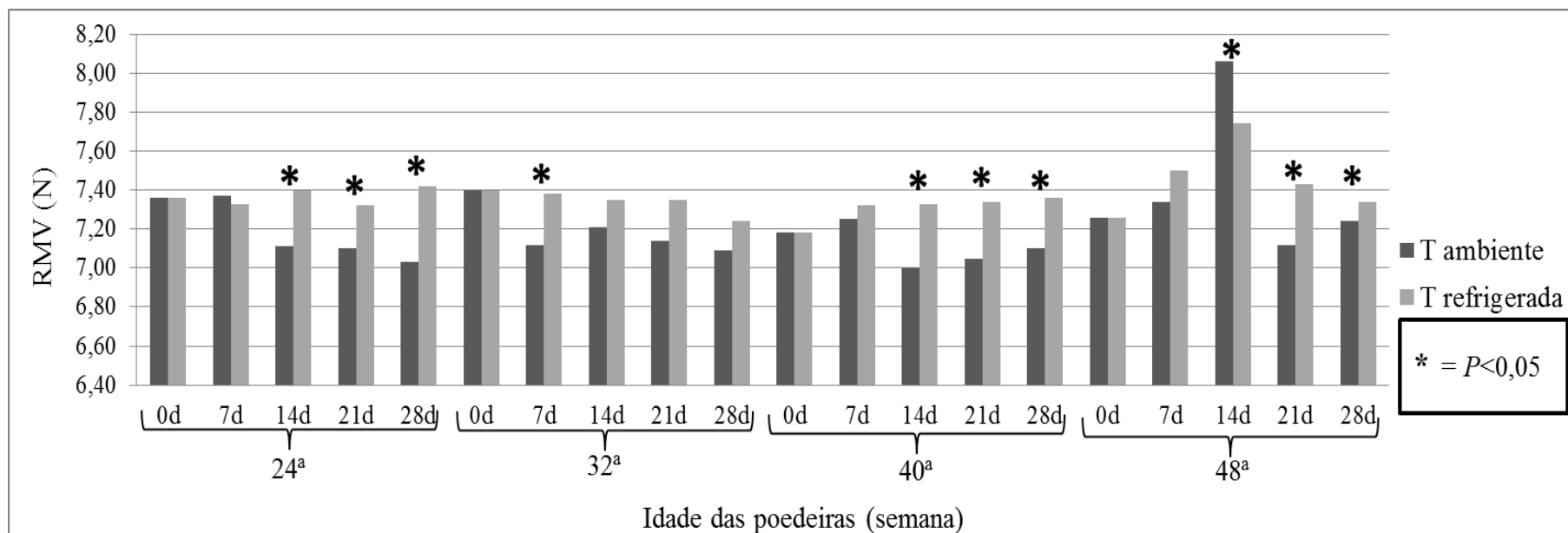
Idade (semanas)	Resistência da Membrana Vitelina (Newton)																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
Fator	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	7,39	7,37	7,25	7,26	7,21	7,28	7,25	7,33	7,28	7,11	7,23	7,30	7,21	7,21	7,14	7,34	7,41	7,89	7,26	7,29
Sorgo (S)	7,34	7,33	7,26	7,16	7,24	7,52	7,24	7,23	7,21	7,22	7,12	7,28	7,12	7,18	7,32	7,17	7,43	7,90	7,29	7,29
CTX (mg/kg)																				
0	7,42	7,37	7,16	7,26	7,25	7,42	7,21	7,34	7,27	7,17	7,29	7,36	7,22	7,31	7,22	7,06	7,36	7,92	7,27	7,28
6	7,31	7,33	7,34	7,16	7,20	7,38	7,29	7,22	7,23	7,15	7,06	7,22	7,11	7,08	7,24	7,45	7,48	7,87	7,28	7,31
T																				
Amb	7,36	7,37	7,11	7,10	7,03	7,40	7,12	7,21	7,14	7,09	7,18	7,25	7,00	7,05	7,10	7,26	7,34	8,06	7,12	7,24
Ref	7,36	7,33	7,40	7,32	7,42	7,40	7,38	7,35	7,35	7,24	7,18	7,32	7,33	7,34	7,36	7,26	7,50	7,74	7,43	7,34
ING*CTX																				
M x 0	7,50	7,42	7,05	7,29	7,27	7,24	7,20	7,47	7,32	7,10	7,41	7,38	7,22	7,31	7,07	7,08	7,40	8,00	7,30	7,28
M x 6	7,27	7,32	7,44	7,23	7,14	7,33	7,31	7,18	7,25	7,12	7,05	7,22	7,21	7,12	7,21	7,61	7,43	7,77	7,21	7,31
S x 0	7,33	7,33	7,27	7,23	7,22	7,60	7,23	7,20	7,21	7,24	7,17	7,34	7,22	7,31	7,37	7,04	7,32	7,84	7,23	7,27
S x 6	7,35	7,34	7,25	7,09	7,27	7,43	7,26	7,26	7,20	7,19	7,08	7,22	7,02	7,06	7,28	7,30	7,54	7,97	7,36	7,30
ING*T																				
M x Amb	7,39	7,45	7,13	7,23	7,09	7,28	7,21	7,24	7,25	7,07	7,23	7,26	7,09	7,04	7,02	7,34	7,28	8,09	7,02	7,23
M x Ref	7,39	7,28	7,37	7,29	7,33	7,28	7,29	7,41	7,32	7,14	7,23	7,33	7,34	7,39	7,25	7,34	7,55	7,69	7,49	7,36
S x Amb	7,34	7,29	7,08	6,97	6,97	7,52	7,02	7,17	7,04	7,10	7,12	7,24	6,92	7,06	7,17	7,17	7,41	8,03	7,21	7,24
S x R	7,34	7,38	7,43	7,36	7,52	7,52	7,46	7,29	7,38	7,34	7,12	7,32	7,32	7,30	7,47	7,17	7,45	7,79	7,38	7,33
CTX*T																				
0 x Amb	7,42	7,38	7,02	7,16	7,12	7,42	7,04	7,27	7,16	7,13	7,29	7,31	7,03	7,19	7,11	7,06	7,23	8,17	7,07	7,22
0 x Ref	7,42	7,37	7,29	7,36	7,38	7,42	7,38	7,41	7,38	7,21	7,29	7,40	7,42	7,43	7,33	7,06	7,50	7,68	7,46	7,33
6 x Amb	7,31	7,36	7,19	7,03	6,94	7,38	7,20	7,15	7,13	7,04	7,06	7,19	6,98	6,91	7,09	7,45	7,46	7,95	7,16	7,25
6 x Ref	7,31	7,29	7,50	7,29	7,47	7,38	4,37	7,29	7,32	7,27	7,06	7,25	7,25	7,26	7,40	7,45	7,50	7,79	7,41	7,36
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	7,50	7,51	6,84	7,21	7,16	7,24	7,10	7,33	7,33	7,09	7,41	7,37	7,08	7,18	6,94	7,08	7,25	8,34	7,02	7,23
M x 0 x Ref	7,50	7,32	7,27	7,37	7,39	7,24	7,29	7,62	7,32	7,11	7,41	7,38	7,36	7,44	7,21	7,08	7,56	7,68	7,59	7,33
M x 6 x Amb	7,27	7,39	7,42	7,24	7,01	7,33	7,33	7,15	7,20	7,06	7,05	7,15	7,09	6,89	7,12	7,61	7,32	7,84	7,02	7,23
M x 0 x Ref	7,27	7,25	7,46	7,21	7,27	7,33	7,29	7,21	7,32	7,17	7,05	7,28	7,33	7,34	7,30	7,61	7,53	7,70	7,40	7,38
S x 0 x Amb	7,33	7,25	7,21	7,11	7,07	7,60	6,98	7,20	7,00	7,17	7,17	7,26	6,97	7,18	7,28	7,04	7,21	7,99	7,13	7,22
S x 0 x Ref	7,33	7,41	7,32	7,35	7,37	7,60	7,47	7,20	7,43	7,31	7,17	7,42	7,47	7,43	7,45	7,04	7,44	7,69	7,34	7,32
S x 6 x Amb	7,35	7,34	6,95	6,82	6,87	7,43	7,07	7,15	7,08	7,02	7,08	7,23	6,87	6,94	7,07	7,30	7,60	8,06	7,30	7,27
S x 6 x Ref	7,35	7,34	7,54	7,36	7,67	7,43	7,46	7,38	7,33	7,36	7,08	7,22	7,17	7,17	7,49	7,30	7,47	7,88	7,42	7,34

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de p																			
ING	0,6000	0,6870	0,9266	0,3596	0,6859	0,0364	0,9410	0,3832	0,4789	0,2898	0,4684	0,8771	0,3934	0,7473	0,0939	0,0977	0,8803	0,8561	0,6822	0,9482
CTX	0,2653	0,5793	0,0908	0,3454	0,6549	0,6974	0,4888	0,3063	0,6856	0,8447	0,1230	0,1788	0,3291	0,0365	0,8292	0,0003	0,2177	0,5903	0,8748	0,7882
T	1,0000	0,6150	0,0084	0,0388	0,0001	1,0000	0,0193	0,2054	0,0577	0,1357	1,0000	0,4756	0,0033	0,0062	0,0161	1,0000	0,1040	0,0016	0,0013	0,3595
ING*CTX	0,1791	0,4892	0,0634	0,7247	0,3262	0,2383	0,7290	0,1068	0,7556	0,7392	0,3564	0,8270	0,4036	0,8127	0,3101	0,1888	0,3108	0,0629	0,2354	0,9862
ING*T	1,0000	0,1258	0,6000	0,1381	0,1009	1,0000	0,0966	0,8296	0,1933	0,4090	1,0000	0,9784	0,5106	0,5860	0,7472	1,0000	0,2569	0,4221	0,1044	0,8624
CTX*T	1,0000	0,7096	0,8359	0,8161	0,1611	1,0000	0,4521	1,0000	0,9347	0,4694	1,0000	0,8965	0,5802	0,6459	0,7262	1,0000	0,2236	0,0985	0,4503	0,9896
ING*CTX*T	1,0000	0,5210	0,0518	0,2720	0,2038	1,0000	0,7958	0,3042	0,4257	0,7839	1,0000	0,4848	0,7077	0,6256	0,4218	1,0000	0,5079	0,3147	0,7969	0,8454
Média	7,36	7,35	7,25	7,21	7,23	7,40	7,25	7,28	7,25	7,16	7,18	7,29	7,17	7,20	7,23	7,26	7,42	7,90	7,27	7,29
Erro Padrão	0,42	0,35	0,48	0,48	0,42	0,48	0,48	0,50	0,47	0,45	0,64	0,45	0,49	0,47	0,48	0,46	0,42	0,44	0,42	0,51

P= não significativo acima de 5%;d= dias de armazenagem; ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C)

Figura 6 – Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre a Resistência da Membrana Vitelina nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)



Na Tabela 14, podemos observar os valores encontrados para Índice de Gema (IG). Não houve interação entre ingrediente, CTX e temperatura. Ovos frescos produzidos na 24^a ($P=0,0001$), 32^a ($P=0,0001$) e 48^a ($P=0,0228$) semana de idade das aves, alimentadas com dietas a base de milho, apresentaram maior IG do que de aves alimentadas com dietas a base de sorgo. O mesmo resultado se deu em ovos de poedeiras com 24 semanas de idade, também alimentadas com dietas à base de milho, apresentaram ovos com IG maiores do que de poedeiras alimentadas com dietas à base de sorgo, durante toda a vida de prateleira (7, 14, 21 e 28 dias) e em ovos produzidos na 32^a semana de idade das aves, armazenados por 14 dias ($P= 0,0026$). Estes resultados não concordam com Reddy et al. (2005) que não encontraram diferença no IG de ovos de poedeiras quando alimentadas com dietas que substituíram o milho pelo sorgo. Kebede, Erge e Kebede (2015), substituíram o milho por cevada em até 30 % da dieta de poedeiras e não encontraram diferença para IG. Imik et al. (2006) utilizaram substituição parcial do milho pelo sorgo (22%) na dieta basal de poedeiras e não encontraram diferença para o IG, porém quando a substituição foi 100% do milho pelo sorgo, o IG foi maior quando as poedeiras foram alimentadas com dietas a base de sorgo. Ebadi et al. (2005) relataram aumento significativo em IG como resultado da substituição do milho por grão de sorgo em até 25% em dietas de poedeiras.

A suplementação de CTX resultou em menor IG de ovos frescos de aves com 24 semanas de idade ($P=0,0049$) e também em ovos frescos ($P=0,0228$) e armazenados por 14 dias ($P=0,0475$) nas 48 semanas de idade. Nesta mesma idade, ovos armazenados por 21 dias e de poedeiras suplementadas com CTX, apresentaram maior IG do que ovos de poedeiras não suplementadas ($P=0,0246$).

A temperatura de armazenagem mostrou um efeito significativo em todas as idades das aves, nos 7, 14, 21 e 28 dias de armazenagem dos ovos. Ovos armazenados em temperatura refrigerada apresentaram IG mais alto do que ovos armazenados em temperatura ambiente. Este efeito altamente significativo ($P=0,0001$) pode ser observado na Figura 7. Uma diminuição no IG, durante o armazenamento, indica um enfraquecimento progressivo da membrana vitelina e liquefação da gema causada principalmente por difusão de água do albúmen (OBANU; MPIERI, 1984; REIJRINK et al., 2008). Kirunda e Mckee (2000), Keener et al. (2006), Akyurek e Okur (2009), Garcia et al. (2010) mostraram que ovos armazenados em temperatura refrigerada apresentam IG maior por mais tempo do que quando armazenados em temperatura ambiente. Samli, Agma e Senkoylu (2005) não encontraram diferenças para IG em ovos armazenados à 10 dias em temperatura refrigerada (5°C) ou ambiente (21°C), porém, o IG foi menor quando armazenado em temperatura de 29°C. Garcia et al. (2010)

verificaram decréscimo no IG de ovos armazenados em temperatura ambiente por 16 dias de armazenagem e ovos mantidos em temperatura refrigerada não apresentaram variabilidade de IG neste mesmo período, mantendo os mesmos valores de ovos frescos. Feddern et al. (2017) ao avaliarem ovos de poedeiras armazenados por até 9 semanas em temperatura ambiente e refrigerada, observaram menor IG em ovos mantidos em temperatura ambiente a partir da segunda semana de armazenagem.

Tabela 14 – Índice de Gema de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

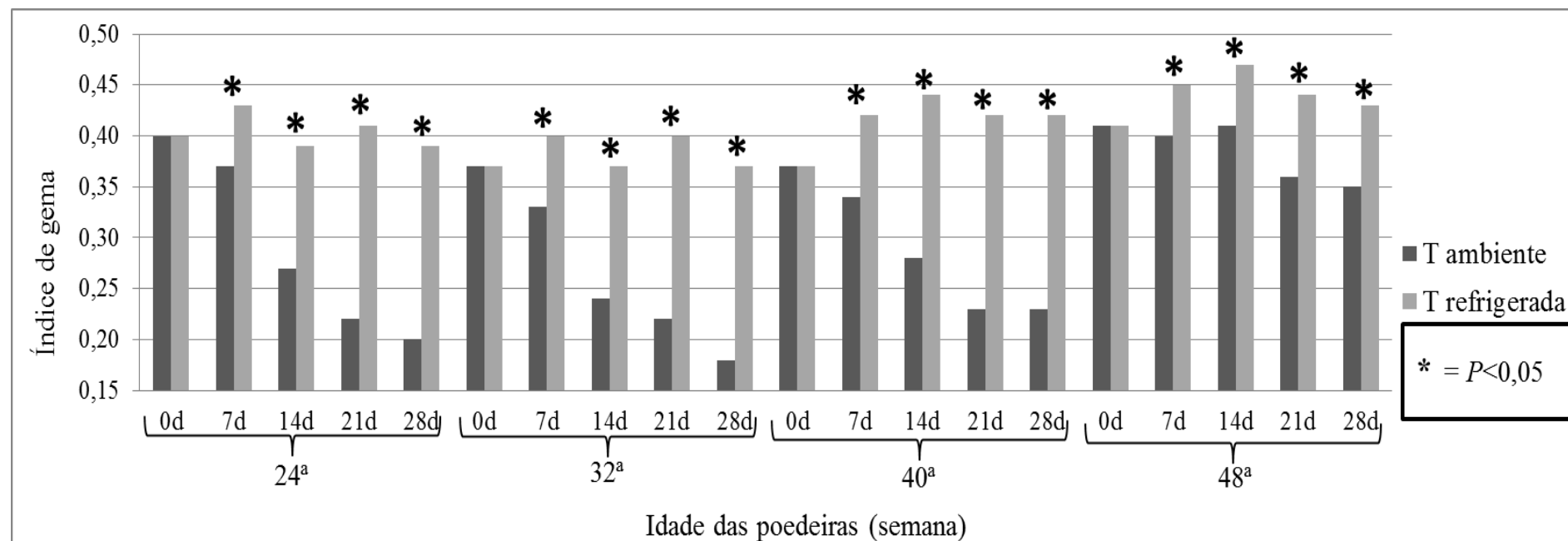
Idade (semanas)	Índice de Gema																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
Fator	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	0,41	0,40	0,34	0,33	0,31	0,38	0,37	0,31	0,31	0,28	0,38	0,38	0,36	0,33	0,33	0,42	0,43	0,43	0,40	0,39
Sorgo (S)	0,39	0,39	0,33	0,31	0,30	0,36	0,36	0,30	0,31	0,27	0,37	0,38	0,35	0,32	0,33	0,41	0,42	0,44	0,40	0,40
CTX (mg/kg)																				
0	0,39	0,40	0,33	0,32	0,30	0,37	0,37	0,30	0,31	0,28	0,38	0,38	0,36	0,33	0,33	0,42	0,43	0,43	0,40	0,39
6	0,41	0,40	0,33	0,32	0,30	0,36	0,36	0,31	0,31	0,27	0,37	0,38	0,36	0,32	0,33	0,41	0,42	0,44	0,41	0,39
T																				
Amb	0,40	0,37	0,27	0,22	0,20	0,37	0,33	0,24	0,22	0,18	0,37	0,34	0,28	0,23	0,23	0,41	0,40	0,41	0,36	0,35
Ref	0,40	0,43	0,39	0,41	0,39	0,37	0,40	0,37	0,40	0,37	0,37	0,42	0,44	0,42	0,42	0,41	0,45	0,47	0,44	0,43
ING*CTX																				
M x 0	0,41	0,41	0,34	0,33	0,30	0,38	0,37	0,30	0,31	0,28	0,39	0,38	0,36	0,33	0,35	0,42	0,43	0,42	0,39	0,39
M x 6	0,41	0,40	0,33	0,33	0,30	0,37	0,37	0,32	0,31	0,28	0,37	0,39	0,36	0,32	0,33	0,42	0,43	0,44	0,40	0,39
S x 0	0,39	0,39	0,33	0,31	0,29	0,37	0,37	0,30	0,31	0,27	0,37	0,38	0,35	0,33	0,33	0,42	0,42	0,44	0,40	0,40
S x 6	0,39	0,39	0,33	0,31	0,29	0,36	0,36	0,30	0,31	0,27	0,37	0,37	0,36	0,32	0,33	0,40	0,42	0,44	0,41	0,40
ING*T																				
M x Amb	0,41	0,38	0,38	0,23	0,20	0,38	0,33	0,24	0,22	0,19	0,38	0,35	0,28	0,23	0,23	0,42	0,40	0,40	0,36	0,35
M x Ref	0,41	0,43	0,40	0,42	0,40	0,38	0,40	0,38	0,40	0,37	0,38	0,42	0,44	0,42	0,43	0,42	0,45	0,46	0,44	0,43
S x Amb	0,39	0,36	0,36	0,41	0,20	0,36	0,32	0,23	0,22	0,18	0,37	0,34	0,27	0,23	0,24	0,41	0,40	0,41	0,36	0,36
S x R	0,39	0,42	0,39	0,40	0,39	0,36	0,40	0,37	0,40	0,36	0,37	0,42	0,44	0,42	0,42	0,41	0,44	0,47	0,45	0,43
CTX*T																				
0 x Amb	0,40	0,37	0,27	0,23	0,20	0,37	0,33	0,23	0,22	0,19	0,38	0,35	0,28	0,24	0,23	0,42	0,41	0,40	0,36	0,36
0 x Ref	0,40	0,43	0,39	0,41	0,39	0,37	0,40	0,37	0,40	0,37	0,38	0,41	0,44	0,42	0,42	0,42	0,45	0,46	0,43	0,43
6 x Amb	0,40	0,36	0,27	0,22	0,20	0,37	0,32	0,24	0,22	0,18	0,37	0,34	0,28	0,22	0,23	0,41	0,40	0,41	0,36	0,35
6 x Ref	0,40	0,43	0,39	0,41	0,39	0,37	0,40	0,37	0,40	0,37	0,37	0,42	0,44	0,43	0,43	0,41	0,45	0,47	0,45	0,43
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	0,41	0,38	0,28	0,23	0,21	0,38	0,34	0,23	0,22	0,19	0,39	0,35	0,28	0,24	0,22	0,42	0,41	0,40b	0,36	0,35
M x 0 x Ref	0,41	0,43	0,40	0,42	0,40	0,38	0,40	0,38	0,40	0,37	0,39	0,41	0,44	0,42	0,42	0,42	0,46	0,45a	0,43	0,43
M x 6 x Amb	0,41	0,37	0,27	0,23	0,20	0,37	0,33	0,26	0,22	0,18	0,37	0,35	0,29	0,22	0,23	0,42	0,40	0,40b	0,35	0,35
M x 0 x Ref	0,41	0,43	0,40	0,42	0,40	0,37	0,41	0,38	0,40	0,37	0,37	0,42	0,44	0,43	0,43	0,42	0,45	0,47a	0,45	0,43
S x 0 x Amb	0,39	0,36	0,27	0,22	0,20	0,37	0,33	0,23	0,22	0,18	0,37	0,34	0,27	0,23	0,24	0,42	0,41	0,40b	0,36	0,36
S x 0 x Ref	0,39	0,42	0,39	0,41	0,38	0,37	0,40	0,37	0,39	0,37	0,37	0,41	0,44	0,42	0,42	0,42	0,44	0,47a	0,44	0,43
S x 6 x Amb	0,39	0,36	0,26	0,21	0,20	0,36	0,32	0,23	0,22	0,18	0,37	0,33	0,27	0,22	0,23	0,40	0,40	0,42b	0,36	0,35
S x 6 x Ref	0,39	0,42	0,39	0,40	0,39	0,36	0,40	0,37	0,40	0,36	0,37	0,42	0,44	0,42	0,42	0,40	0,44	0,47a	0,46	0,44

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de P																			
ING	0,0001	0,0002	0,0033	0,0002	0,0359	0,0001	0,2362	0,0026	0,8856	0,0854	0,4053	0,1217	0,2763	0,7354	0,5407	0,0228	0,1309	0,0475	0,2434	0,1890
CTX	0,0049	0,4148	0,3370	0,2545	0,8891	0,0782	0,2362	0,1302	0,4160	0,2326	0,0879	0,9539	0,4978	0,2390	0,8442	0,0228	0,3193	0,0373	0,0246	0,9190
T	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
ING*CTX	0,3108	0,6829	0,5824	0,3142	0,2423	0,7219	0,5733	0,0632	0,0598	0,6074	0,4705	0,3872	0,7387	0,9841	0,3219	0,3413	0,4761	0,2470	0,4689	0,9190
ING*T	1,0000	0,6829	0,6799	0,1602	0,4621	1,0000	0,4165	0,3137	0,5982	0,2520	1,0000	0,1217	0,2382	0,9841	0,1452	1,0000	0,2319	0,9158	0,5398	0,7605
CTX*T	1,0000	0,1758	0,2730	0,7364	0,7350	1,0000	0,0724	0,0666	0,7372	0,7877	1,0000	0,0763	0,7214	0,0607	0,8442	1,0000	0,5445	0,8326	0,0538	0,2656
ING*CTX*T	1,0000	0,6829	0,4921	0,9463	0,6189	1,0000	0,9500	0,2694	0,4728	0,1261	1,0000	0,6859	0,7736	0,4871	0,5033	1,0000	0,6948	0,0475	0,6157	0,2656
Média	0,40	0,40	0,33	0,32	0,30	0,37	0,36	0,31	0,31	0,27	0,37	0,38	0,35	0,33	0,33	0,41	0,43	0,44	0,40	0,39
Erro Padrão	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

P= não significativo acima de 5%;d= dias de armazenagem; ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C).

Figura 7 – Efeito da temperatura (T) refrigerada (4°C) e ambiente (25°C) sobre o Índice de Gema nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)



5.2.3 Cor, concentração de carotenoides totais, cantaxantina, luteína zeaxantina e α -tocoferol nas gemas

A maior intensidade de cor de gema do ovo aumenta aceitação pelos consumidores, que associam a pigmentação mais intensa da gema ao maior valor nutricional do ovo (SILVA; ALBINO; GODÓI, 2000; TOCCHINI; MERCADANTE, 2001). A cor das gemas depende da presença de carotenoides na dieta das galinhas, e quanto maior o consumo de alimentos que contenham pigmentos carotenoides em sua constituição, tanto maior será a deposição destes pigmentos nas gemas dos ovos e a intensidade de sua coloração (HENCJEN, 1992).

Neste estudo não houve interação entre os três fatores para a cor da gema (Tabela 15). A cor da gema dos ovos apresentou interação altamente significativa entre ingrediente e cantaxantina nas quatro idades das aves em todos os tempos de armazenagem ($P=0,0001$). Ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves alimentadas com dietas a base de sorgo e suplementada com CTX apresentaram cor da gema alaranjado (entre 12 e 13 no leque colorimétrico DSM *YolkFan*TM) quando frescos e armazenados por 7, 14 e 21 dias, diferindo das demais interações ($P=0,0001$). Este mesmo resultado se repetiu em ovos produzidos na 32^a semana de idade, quando frescos e armazenados por 21 e 28 dias. Ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves alimentadas com dietas à base de milho ou sorgo, ambas suplementadas com CTX, não apresentaram diferença na cor alaranjado (entre 12 e 13 no leque colorimétrico DSM *YolkFan*TM), porém diferiram das não suplementadas. O mesmo ocorreu em ovos produzidos na 32^a (1 e 14 dias de armazenagem) e 48^a (7, 14, 21 e 28 dias de armazenagem) semana de idade das aves. Ovos frescos produzidos na 48^a semana de idade das aves alimentadas com dietas a base de milho e suplementadas com CTX, apresentaram cor alaranjado (13 no leque colorimétrico DSM *YolkFan*TM), diferindo das demais interações. Poedeiras alimentadas com dietas a base de milho e sem suplementação de CTX apresentaram gema de ovos de cor amarela (entre 4 e 5 no leque colorimétrico DSM *YolkFan*TM) e as alimentadas com dietas a base de sorgo, sem suplementação de CTX, apresentaram gema de cor pálida (entre 1 e 2 no leque colorimétrico DSM *YolkFan*TM) e foram diferentes entre si em todas as idades e na vida de prateleira. Reduções na pigmentação da gema, com a substituição de milho por sorgo, também foram verificadas por outros autores (GARCIA et al., 2002; REDDY et al., 2005; COSTA et al., 2006; MORENO et al., 2007; MOURA et al., 2010; BONILLA et al., 2017), sendo que esses efeitos são devido ao baixo teor de xantofilas no sorgo (SUBRAMANIAN; METTA, 2000) exigindo a adição de pigmentos

naturais ou artificiais à dieta. Spada et al. (2012), observaram aumento na coloração de gema de poedeiras, utilizando a concentração de 6 mg/kg de cantaxantina. Rosa et al. (2012) e Bonilla et al. (2017) observaram maior coloração de gema em ovos de matrizes de corte suplementadas com 6 mg/kg de CTX. Galobart et al. (2001) verificou aumento da coloração de gema quando suplementou poedeiras com 5mg de CTX/ kg de dieta. Cho, Zhang e Kim (2013) avaliaram níveis de suplementação de CTX (0,011% e 0,021%) em dietas de poedeiras com baixo nível de carotenoides e concluíram que os valores de cor de gema aumentaram linearmente com um aumento da concentração de CTX.

A interação entre ingrediente e temperatura foi encontrada em ovos produzidos na 24^a semana de idade das poedeiras alimentadas com dietas a base de milho e armazenados por 14 ($P=0,0097$) e 28 dias ($P=0,0446$), sob refrigeração, apresentaram cor amarelo ouro (entre 8 e 10 no leque colorimétrico DSM YolkFan™), diferindo das demais interações. O mesmo resultado pode ser observado em ovos produzidos na 40^a semana e 48^a, armazenados por 21 dias ($P=0,0298$ e $P=0,0032$). No entanto, ovos produzidos na 48^a semana de idade das aves, alimentadas com dietas à base de milho, e armazenados por 28 dias, não foram diferentes entre si quando armazenados em temperatura ambiente ou refrigerada, mas diferiram das demais interações ($P=0,0114$).

Também houve interação entre CTX e temperatura em ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves, suplementadas com CTX, e armazenados por 21 dias ($P=0,0001$) sob-refrigeração, apresentando cor alaranjado nas gemas (12 no leque colorimétrico DSM YolkFan™). O mesmo resultado pode ser observado em ovos produzidos na 32^a semana de idade das aves, quando armazenados por 21 ($p=0,0419$) e 28 ($P=0,101$) dias, e na 40^a semana, armazenados por 28 dias ($P=0,0097$). Na 48^a semana de idade das aves suplementadas com CTX, ovos armazenados por 14 dias não apresentaram diferença se refrigerados ou não, mas diferiram das não suplementadas ($P=0,0056$). Santos et al. 2009 observaram que gemas de ovos mantidos em temperatura ambiente, independente do tempo de estocagem, revelaram menor coloração da gema quando comparados aos ovos mantidos em refrigeração. Feddern et al. (2017) ao avaliarem ovos armazenados por até 9 semanas em temperatura ambiente ou refrigerada, notaram que a cor das gemas foi menos intensa em ovos mantidos em temperatura ambiente.

Tabela 15 – Cor da gema de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4° ou 25°C) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

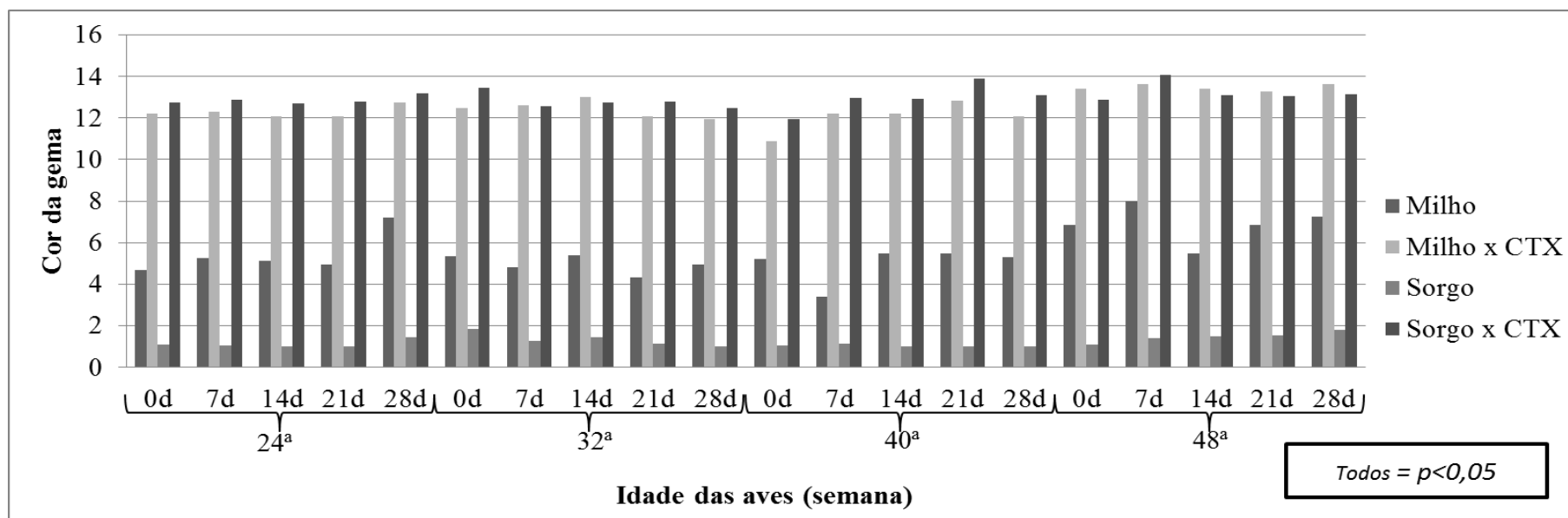
Idade (semanas)	Cor da gema																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	8,45	8,78	8,59	8,51	9,98	8,90	8,71	9,21	8,21	8,47	8,05	8,81	8,84	9,16	8,69	10,12	10,82	9,43	10,06	10,44
Sorgo (S)	6,92	6,97	6,86	6,89	7,32	7,67	6,91	7,08	6,96	6,74	6,50	7,05	6,97	7,45	7,04	6,98	7,73	7,30	7,29	7,47
CTX (mg/kg)																				
0	2,90	3,16	3,07	2,97	4,35	3,60	3,04	3,42	2,73	2,98	3,15	3,26	3,25	3,24	3,15	3,97	4,70	3,47	4,18	4,53
6	12,47	12,59	12,38	12,42	12,96	12,97	12,59	12,87	12,44	12,22	11,40	12,60	12,56	13,37	12,58	13,13	13,85	13,26	13,17	13,38
T																				
Amb	7,68	7,67	7,62	7,44	8,42	8,28	7,79	8,08	7,40	7,50	7,27	7,74	7,77	8,05	7,66	8,55	9,05	8,18	8,27	9,02
Ref	7,68	8,08	7,83	7,96	8,88	8,28	7,83	8,21	7,77	7,71	7,27	8,12	8,05	8,56	8,07	8,55	9,50	8,55	9,08	8,89
ING*CTX																				
M x 0	4,70c	5,27c	5,12c	4,95c	7,23b	5,33c	4,80b	5,40b	4,34c	4,97c	5,23c	3,40c	5,48c	5,47c	5,30c	6,85c	8,00b	5,47b	6,85b	7,25b
M x 6	12,20b	12,30b	12,07b	12,07b	12,73 ^a	12,47b	12,62 ^a	13,02 ^a	12,08b	11,97b	10,87b	12,22b	12,20b	12,84b	12,08b	13,40 ^a	13,63 ^a	13,40 ^a	13,27 ^a	13,63 ^a
S x 0	1,10d	1,05d	1,02d	1,00d	1,47c	1,87d	1,27c	1,43c	1,12d	1,00d	1,07d	1,12d	1,02d	1,00d	1,00d	1,10d	1,40c	1,48c	1,52c	1,82c
S x 6	12,73 ^a	12,88 ^a	12,70 ^a	12,78 ^a	13,18 ^a	13,47 ^a	12,55 ^a	12,73 ^a	12,79 ^a	12,48 ^a	11,93 ^a	12,97 ^a	12,92 ^a	13,90 ^a	13,08 ^a	12,87b	14,07 ^a	13,12 ^a	13,07 ^a	13,13 ^a
ING*T																				
M x Amb	8,45	8,50	8,37b	8,21	9,62b	8,90	8,61	9,13	7,94	8,38	8,05	8,57	8,70	8,73b	8,44	10,12	10,62	9,18	9,40b	10,40 ^a
M x Ref	8,45	9,07	8,82 ^a	8,80	10,35 ^a	8,90	8,82	9,28	8,48	8,55	8,05	9,05	8,98	9,58 ^a	8,94	10,12	11,02	9,68	10,72 ^a	10,48 ^a
S x Amb	6,92	6,83	6,87c	6,67	7,23c	7,67	6,97	7,03	6,86	6,62	6,50	6,91	6,83	7,67c	6,88	6,98	7,48	7,18	7,13c	7,65b
S x R	6,92	7,10	6,85c	7,12	7,42c	7,67	6,85	7,13	7,06	6,87	6,50	7,18	7,11	7,53c	7,20	6,98	7,98	7,42	7,45c	7,30b
CTX*T																				
0 x Amb	2,90	3,05	2,94	2,90c	4,25	3,60	3,04	3,27	2,68c	2,98c	3,15	3,10	3,18	3,06	3,10c	3,97	4,37	3,10c	3,83	4,50
0 x Ref	2,90	3,27	3,20	3,05c	4,45	3,60	3,03	3,57	2,78c	2,98c	3,15	3,42	3,32	3,42	3,20c	3,97	5,03	3,85b	4,53	4,57
6 x Amb	12,47	12,28	12,30	11,98b	12,60	12,97	12,54	12,90	12,12b	12,02b	11,40	12,37	12,35	13,04	12,22b	13,13	13,73	13,27 ^a	12,70	13,55
6 x Ref	12,47	12,90	12,47	12,87 ^a	13,32	12,97	12,63	12,85	12,76 ^a	12,43 ^a	11,40	12,82	12,78	13,70	12,94 ^a	13,13	13,97	13,25 ^a	13,63	13,22
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	4,70	5,07	4,88	4,80	6,90	5,33	4,70	5,37	4,22	4,97	5,23	5,10	5,37	5,12	5,20	6,85	7,50	4,93	6,23	7,03
M x 0 x Ref	4,70	5,47	5,37	5,10	7,57	5,33	4,90	5,43	4,47	4,97	5,23	5,70	5,60	5,83	5,40	6,85	8,50	6,00	7,47	7,47
M x 6 x Amb	12,20	11,93	11,87	11,63	12,33	12,47	12,52	12,90	11,67	11,80	10,87	12,03	12,03	12,35	11,68	13,40	13,73	13,43	12,57	13,77
M x 0 x Ref	12,20	12,67	12,27	12,50	13,13	12,47	12,73	13,13	12,50	12,13	10,87	12,40	12,37	13,33	12,48	13,40	13,53	13,37	13,97	13,50
S x 0 x Amb	1,10	1,03	1,00	1,00	1,60	1,87	1,38	1,17	1,15	1,00	1,07	1,10	1,00	1,00	1,00	1,10	1,23	1,27	1,43	1,97
S x 0 x Ref	1,10	1,07	1,03	1,00	1,33	1,87	1,17	1,70	1,10	1,00	1,07	1,16	1,03	1,00	1,00	1,10	1,57	1,70	1,60	1,67
S x 6 x Amb	12,73	12,63	12,73	12,33	12,87	13,47	12,57	12,90	12,57	12,23	11,93	12,72	12,67	13,73	12,77	12,87	13,73	13,10	12,83	13,33
S x 6 x Ref	12,73	13,13	12,67	13,23	13,50	13,47	12,53	12,57	13,02	12,73	11,93	13,23	13,18	14,07	13,40	12,87	14,40	13,13	13,30	12,93

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de <i>p</i>																			
ING	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CTX	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
T	1,0000	0,0001	0,0161	0,0001	0,0010	1,0000	0,7485	0,5992	0,0059	0,0101	1,0000	0,0179	0,0102	0,0015	0,0007	1,0000	0,0759	0,0079	0,0001	0,3265
ING*CTX	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
ING*T	1,0000	0,1532	0,0097	0,4593	0,0446	1,0000	0,1975	0,9176	0,1963	0,5977	1,0000	0,5088	0,9681	0,0298	0,4313	1,0000	0,8413	0,3261	0,0032	0,0114
CTX*T	1,0000	0,0575	0,5994	0,0001	0,0582	1,0000	0,6991	0,4605	0,0419	0,0101	1,0000	0,6891	0,1721	0,3314	0,0097	1,0000	0,3889	0,0056	0,4809	0,1432
ING*CTX*T	1,0000	0,7531	0,9631	0,3468	0,1551	1,0000	0,7397	0,2758	0,8745	0,5977	1,0000	0,2551	0,3671	0,9189	0,9435	1,0000	0,1297	0,1789	0,8376	0,2723
Média	7,68	7,87	7,73	7,70	8,65	8,28	7,81	8,14	7,58	7,60	7,27	7,93	7,91	8,30	7,87	8,55	9,27	8,36	8,67	8,96
Erro Padrão	0,46	0,46	0,38	0,40	0,60	0,51	0,57	1,05	0,58	0,35	0,62	0,70	0,47	0,69	0,52	0,39	1,12	0,60	0,73	0,60

a, b,c,d As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); d= dias de armazenagem; ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C).

Figura 8 – Efeito de Ingrediente (Milho ou Sorgo) e suplementação de Cantaxantina (CTX) ou não, sobre a Cor da Gema nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)



A variável concentração de carotenoides totais na gema não apresentou interação entre Ingrediente, CTX e temperatura (Tabela 16). Houve interação entre Ingrediente e CTX, em ovos produzidos na 32^a e 40^a semana de idade das aves alimentadas com dietas a base de milho e suplementadas com CTX, apresentaram maior concentração de carotenoides totais na gema, do que as demais interações, em toda a vida de prateleira. Esse resultado também foi observado em ovos frescos ($P=0,0002$) e após 14 ($P=0,0040$) dias de armazenagens, quando as poedeiras estavam com 48 semanas de idade.

O ingrediente mostrou que ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves, alimentadas com dietas a base de milho, apresentaram maior concentração de carotenoides totais na gema, nos ovos frescos (0 dias) e na vida de prateleira. O mesmo resultado foi observado em ovos produzidos na 48^a semana de idade das aves, quando armazenados por 07 ($P=0,0001$), 21 ($P=0,0001$) e 28 ($P=0,0001$) dias. A suplementação de cantaxantina expressou maior concentração de carotenoides na gema em todas as semanas de produção e em toda a vida de prateleira dos ovos. A temperatura refrigerada mostrou que ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves e armazenados por 28 dias, apresentaram maior concentração de carotenoides na gema do que quando armazenados em temperatura ambiente.

A concentração de carotenoides totais na gema foi de acordo com os ingredientes e a CTX que compõem a dieta que as poedeiras receberam. Dietas contendo milho e suplementadas com CTX resultaram em gemas com maior concentração de carotenoides totais na gema. Os carotenoides responsáveis pela cor do grão de milho também são os pigmentos da cor das gemas de ovos. Segundo Cheeke (1999), o milho possui uma concentração de 20 mg/kg de carotenoides totais no grão. Os resultados deste estudo concordam com Surai et al. (1998), Colin, George e Ensminger (2004), Na et al. (2004) e Karadas et al. (2006) mostrando que a concentração de carotenoides da gema reflete a concentração de carotenoides na dieta. Rosa et al. (2012) e Bonilla et al. (2017) encontraram resultados semelhantes ao deste estudo quando suplementaram a dieta de matrizes de corte com 6 mg/kg de CTX, demonstrando alta concentração de carotenoides na gema dos ovos.

Tabela 16 – Concentração de carotenoides totais na gema (mg/kg) de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4^a ou 25^aC) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

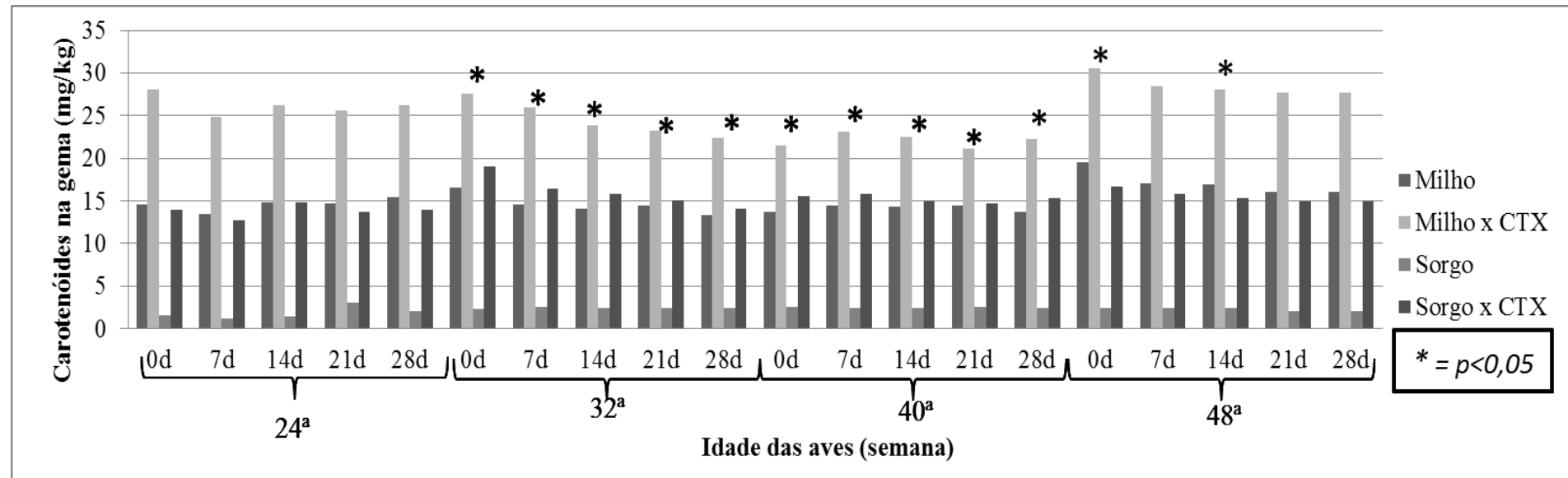
Concentração de Carotenoides Totais na Gema (mg/kg)																				
Idade (semanas)	24 ^a					32 ^o					40 ^a					48 ^a				
	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	21,32	19,18	20,53	20,16	20,84	22,09	20,28	18,94	18,85	17,85	17,64	18,81	18,40	17,78	17,98	25,00	22,76	22,76	22,47	21,88
Sorgo (S)	7,76	6,98	7,21	8,39	8,05	10,70	9,49	9,15	8,78	8,27	9,02	9,15	8,71	8,59	8,84	9,57	9,11	8,98	8,88	8,52
CTX (mg/kg)																				
0	8,05	7,34	8,16	8,92	8,80	9,47	8,57	8,27	8,46	7,87	8,14	8,49	8,35	8,46	8,09	10,96	9,75	10,02	9,64	9,09
6	21,03	18,82	19,57	19,63	20,09	23,33	21,20	19,82	19,17	18,25	18,52	19,47	18,76	17,91	18,74	23,61	22,12	21,72	21,70	21,30
T																				
Amb	14,54	12,90	13,67	13,93	13,48	16,40	14,94	13,87	13,33	12,83	13,33	13,95	13,10	13,57	13,17	17,29	16,26	16,04	15,89	15,08
Ref	14,54	13,27	14,07	14,62	15,42	16,40	14,83	14,20	14,30	13,29	13,33	14,01	14,01	12,79	13,66	17,29	15,60	15,70	15,45	15,31
ING*CTX																				
M x 0	14,57	13,44	14,86	14,74	15,49	16,56c	14,55b	14,05c	14,45b	13,33b	13,74b	14,51b	14,29b	14,41b	13,77b	19,51b	17,06	16,88b	16,07	16,07
M x 6	28,07	24,92	26,20	25,58	26,19	27,62 ^a	26,02 ^a	23,82 ^a	23,24 ^a	22,38 ^a	21,54 ^a	23,12 ^a	22,50 ^a	21,14 ^a	22,20 ^a	30,51 ^a	28,47	28,05 ^a	27,69	27,69
S x 0	1,53	1,23	1,46	3,10	2,12	2,37d	2,59c	2,48d	2,46c	2,40c	2,53c	2,48c	2,41c	2,51c	2,40c	2,42d	2,44	2,41c	2,12	2,11
S x 6	14,00	12,73	14,86	13,69	13,98	19,03b	16,38b	15,81b	15,1b	14,13b	15,51b	15,82b	15,01b	14,67b	15,28b	16,72c	15,78	15,35b	14,91	14,91
ING*T																				
M x Amb	21,32	18,89	20,05	19,52	19,43	22,09	20,07	18,84	18,49	17,64	17,64	18,62	17,78	18,50	17,67	25,01	23,34	23,30	22,68	21,80
M x Ref	21,32	19,47	21,01	20,79	22,26	22,09	20,50	19,03	19,21	18,06	17,64	19,01	19,02	17,05	18,29	20,01	22,19	22,23	22,26	21,96
S x Amb	7,77	7,06	7,29	8,34	7,52	10,70	9,80	8,93	8,18	8,02	9,02	9,28	8,42	8,65	8,66	9,57	9,19	8,78	9,11	8,37
S x R	7,77	6,90	7,13	8,44	8,58	10,70	9,17	9,37	9,39	8,52	9,02	9,02	9,01	8,54	9,02	9,57	9,02	9,18	8,64	8,67
CTX*T																				
0 x Amb	8,05	7,19	8,08	9,01	8,08	9,47	8,63	8,15	8,44	7,73	8,14	8,43	8,13	8,63	7,70	10,96	9,93	10,21	9,80	9,11
0 x Ref	8,05	7,49	8,25	8,83	9,53	9,47	8,63	8,39	8,48	8,00	8,14	8,56	8,58	8,29	8,47	10,96	9,57	9,83	9,49	9,08
6 x Amb	21,03	18,61	19,26	18,86	18,88	23,33	21,15	19,62	18,23	17,94	18,52	19,47	18,07	18,52	18,63	23,61	22,60	21,86	21,99	21,06
6 x Ref	21,03	19,04	19,89	20,41	21,30	23,33	21,15	20,01	20,12	18,57	18,52	19,47	19,45	17,29	18,85	23,61	21,64	21,57	21,42	21,55
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	14,57	13,11	14,48	14,92	14,32	16,56	14,68	13,85	14,47	13,13	13,74	14,38	13,82	14,66	12,93	19,51	17,34	18,46	17,19	16,07
M x 0 x Ref	14,57	13,77	15,25	14,55	16,67	16,56	14,42	14,26	14,44	13,52	13,74	14,63	14,77	14,16	14,61	19,51	16,77	17,64	16,57	16,08
M x 6 x Amb	28,07	24,66	25,61	24,13	24,54	27,62	25,47	23,84	22,51	22,16	21,54	22,85	21,74	22,34	22,41	30,51	29,33	28,14	28,15	27,54
M x 0 x Ref	28,07	25,17	26,78	27,03	27,85	27,62	26,57	23,80	23,98	22,60	21,54	23,39	23,26	19,94	21,98	30,51	27,60	26,82	27,95	27,85
S x 0 x Amb	1,53	1,26	1,67	3,09	1,83	2,37	2,56	2,46	2,40	2,32	2,53	2,48	2,44	2,59	2,47	2,42	2,51	1,97	2,40	2,15
S x 0 x Ref	1,53	1,20	1,25	3,10	2,40	2,37	2,61	2,51	2,53	2,49	2,53	2,48	2,38	2,43	2,33	2,42	2,36	2,02	2,41	2,08
S x 6 x Amb	14,00	12,55	12,90	13,59	13,21	19,03	17,03	15,40	13,95	13,72	15,51	16,09	14,39	14,70	14,86	16,72	15,87	15,59	15,83	14,58
S x 6 x Ref	14,00	12,92	13,00	13,78	14,75	19,03	15,73	16,23	16,25	14,55	15,51	15,55	15,63	14,65	15,71	16,72	15,68	16,33	14,88	15,25

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de <i>p</i>																			
ING	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
CTX	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
T	1,0000	0,5734	0,4125	0,2256	0,0015	1,0000	0,8392	0,4258	0,0509	0,2747	1,0000	0,9114	0,0861	0,1850	0,4982	1,0000	0,1850	0,6600	0,3908	0,6878
ING*CTX	0,5594	0,9854	0,8713	0,8254	0,3246	0,0001	0,0274	0,0001	0,0002	0,0019	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0029	0,0002	0,0555	0,0040	0,0858	0,3034
ING*T	1,0000	0,7439	0,2521	0,3018	0,1354	1,0000	0,3121	0,7518	0,6118	0,9226	1,0000	0,5634	0,5357	0,2536	0,8538	1,0000	0,3253	0,3390	0,9592	0,9031
CTX*T	1,0000	0,9767	0,6366	0,1277	0,4153	1,0000	0,9915	0,8417	0,0625	0,6668	1,0000	0,9107	0,3748	0,4459	0,7003	1,0000	0,5446	0,9523	0,7995	0,6489
ING*CTX*T	1,0000	0,8230	0,9450	0,1712	0,9905	1,0000	0,1957	0,4391	0,7332	0,7100	1,0000	0,7147	0,7268	0,3899	0,2854	1,0000	0,5744	0,6977	0,5039	0,8484
Média	14,54	13,08	13,87	14,28	14,15	16,39	14,89	14,04	13,81	13,06	13,33	13,98	13,56	13,18	13,41	17,29	15,93	15,87	15,67	15,19
Erro Padrão	3,93	2,92	2,18	2,50	2,63	2,73	2,31	1,76	2,17	1,86	2,67	2,51	2,35	2,61	3,23	1,90	2,21	3,41	2,28	2,53

^{a, b, c, d} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$); d= dias de armazenagem; ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C).

Figura 9 – Efeito de Ingrediente (Milho ou Sorgo) e suplementação de Cantaxantina (CTX) ou não, sobre a Concentração de carotenóides Totais na Gema nas diferentes idades (semana) das poedeiras e durante a vida de prateleira (d=dias de armazenagem)



Dentre a concentração de carotenoides totais na gema, neste estudo foi quantificado a cantaxantina, luteína, zeaxantina nos ingredientes (APÊNDICE VI) e ovos e o α -tocoferol (Vitamina E) somente nos ovos. Houve interação entre os fatores Ingrediente e CTX para teores de CTX na gema de ovos de poedeiras com 32 ($P=0,0003$) e 40 ($P=0,0008$) semanas de idade das aves (Tabela 18) que demonstrou maior quantidade de CTX quando as aves receberam dietas a base de sorgo e suplementadas com CTX. A cantaxantina, quando suplementada, mostrou maiores teores desta do que as não suplementadas nas dietas das poedeiras. Teores de luteína foram maiores em ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho em todas as idades, do que os de poedeiras alimentadas com dietas a base de sorgo ($P=0,0001$). Os teores de zeaxantina foram maiores em gemas de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base do milho dos que as alimentadas com dietas a base de sorgo, em todas as idades ($P=0,0001$) e ovos produzidos na 48^a semana de idade das aves, suplementadas com CTX, também mostraram maior teor de zeaxantina do que as não suplementadas.

Estes resultados concordam com o que é discutido na literatura sobre a composição rica em xantofilas do milho e, o sorgo ser deficitário em agentes pigmentantes, sendo necessária a adição de pigmentantes junto à dieta. O milho é fonte de luteína, zeaxantina, β -criptoxantina e β -caroteno (KURILICH; JUVIK, 1999; EGESEL et al., 2003) e destes, a luteína e zeaxantina são efetivamente transferidas para gema de ovo (KARADAS et al., 2006). A xantofila natural fornecida pelo milho é bem absorvida pelas células intestinais da galinha (GOUVEIA et al., 1996) e é transferida para a gema (DONALD; WILLIAM, 2002). No entanto, em fontes naturais, como o milho, as xantofilas são instáveis e os níveis efetivos podem diminuir com a oxidação durante o armazenamento prolongado. Além de possuir uma taxa de deposição diferente nos ovos (BOWEN et al., 2002). A zeaxantina contida no milho pode depositar até 7% na gema, enquanto a Cantaxantina podem atingir 34% de deposição (ROCHE VITAMINS; FINE CHEMICALS, 1988). Akiba et al. (2000) afirmam que o pigmento sintético cantaxantina é 1,5-5 vezes mais potente do que xantofilas naturais para a pigmentação da gema de ovo. No entanto, podemos observar que dietas contendo sorgo e adição de cantaxantina, apresentaram maior quantidade deste pigmento do que os demais. Esse resultado também refletiu na cor das gemas. Portanto, é possível que ocorra uma mistura de pigmentos (luteína, zeaxantina e cantaxantina) e torne a gema do ovo de poedeiras que receberam a dieta à base de milho (rico em luteína e zeaxantina) com CTX, menos alaranjadas do que gemas de ovos de poedeiras alimentadas com dietas à base de sorgo (pobre em luteína e zeaxantina) suplementadas com CTX, que apresentaram alaranjado intenso na gema. Isso

não ocorreu em estudos realizados por Cho, Zhang e Kim (2013) que encontraram gemas com maior concentração de cantaxantina quando a dieta já possuía pigmentos naturais.

Os teores de α -tocoferol foram superiores em gemas de poedeiras alimentadas com dietas à base de sorgo em todas as idades ($P=0,0009$ na 24^a e $P=0,0001$ na 32^a, 40^a e 48^a semana de idade das aves). A composição mineral e vitamínica do sorgo é semelhante a do milho, no entanto, não pode ser considerado como uma fonte expressiva de vitamina E (MARTINO et al., 2012). As vitaminas E, C e os carotenoides executam da mesma maneira, atividade antioxidante, de forma a proteger as células da ação dos radicais livres (SURAI, 2006). A deposição na gema do ovo de α -tocoferol pode ter sido resultado do papel antioxidante da cantaxantina que na composição analisada da dieta (Tabela 02) se mostra em maiores quantidades quando esta foi a base de sorgo, atuando como economizador de α -tocoferol.

Tabela 17 – Teor de cantaxantina, luteína, zeaxantina e α -tocoferol (mg/kg) nas gemas de ovos frescos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina

Fator/Idade	Cantaxantina				Luteína				Zeaxantina				α -tocoferol			
	24 ^a	32 ^a	40 ^a	48 ^a	24 ^a	32 ^a	40 ^a	48 ^a	24 ^a	32 ^a	40 ^a	48 ^a	24 ^a	32 ^a	40 ^a	48 ^a
INGREDIENTE																
Milho	4,97	4,72	3,47	6,38	4,81	5,19	4,57	6,26	6,27	4,60	5,18	4,50	54,10	52,78	47,80	49,98
Sorgo	6,09	6,01	7,72	6,10	0,79	0,65	0,60	0,73	0,62	0,52	0,54	0,49	63,43	63,19	59,66	61,35
CTX (mg/kg)																
0	0,02	0,02	0,05	0,04	2,88	2,81	2,55	3,39	3,49	2,44	2,78	2,38	60,44	58,71	53,44	56,27
6	10,74	10,71	11,61	11,81	2,72	3,03	2,62	3,60	3,40	2,68	2,94	2,62	57,08	57,26	54,02	55,06
ING*CTX																
Milho x 0 mg/kg	0,01c	0,02c	0,04c	0,06	4,99	4,99	4,55	6,12	6,40	4,38	5,07	4,32	55,71	53,45	49,01	50,51
Milho x 6 mg/kg	9,94b	9,42b	9,18b	11,43	4,62	5,39	4,59	6,40	6,13	4,83	5,29	4,68	52,49	52,12	46,59	49,45
Sorgo x 0 mg/kg	0,03c	0,02c	0,08c	0,02	0,77	0,64	0,55	0,65	0,57	0,51	0,50	0,43	65,18	63,98	57,88	62,03
Sorgo x 6 mg/kg	11,54a	11,99a	13,08a	12,19	0,82	0,66	0,65	0,81	0,67	0,54	0,58	0,56	61,68	62,41	61,45	60,68
Fonte de variação	<i>Valor de p</i>															
INGREDIENTE	0,0490	0,0003	0,0007	0,3144	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009	0,0001	0,0001	0,0001
CANTAXANTINA	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,3470	0,1104	0,5330	0,1807	0,7071	0,0645	0,2340	0,076	0,1998	0,3815	0,7199	0,5631
ING*CTX	0,0342	0,0003	0,0008	0,2570	0,2156	0,1490	0,7817	0,7178	0,4147	0,1014	0,5963	0,3840	0,9569	0,9420	0,0678	0,9444
Média	5,52	2,36	5,66	6,23	2,80	2,92	2,58	3,50	3,44	2,56	2,86	2,50	58,76	58,00	53,73	55,67
Erro Padrão	1,24	1,01	1,45	1,08	0,52	0,41	0,33	0,50	0,70	0,39	0,40	0,42	8,13	5,17	5,03	6,53

^{a, b, c} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$); ING = ingrediente; CTX = cantaxantina;

5.2.4 Oxidação lipídica através de substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Os valores obtidos para substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram determinados pela quantidade de malondialdeído (MDA) formado para a determinação da oxidação lipídica nas gemas dos ovos. Os resultados de oxidação lipídica da gema dos ovos estão expressos na Tabela 19. Não houve interação entre Ingrediente, Cantaxantina e Temperatura. Já Ingrediente e CTX apresentaram interação, do qual gemas de ovos frescos (0dias) produzidos na 48^a semana de idade das aves alimentadas com dietas a base de milho e suplementadas com CTX, apresentaram menor oxidação lipídica do que quando não suplementadas, porém não diferiu de ovos de aves alimentadas com dietas a base de sorgo, suplementada ou não com CTX. Apenas ovos produzidos na 48^a semana de idade das aves, apresentaram efeito de Ingrediente, quando armazenados por 21 dias, mostrando que aves alimentadas com dietas à base de sorgo, resultaram em maior oxidação lipídica da gema ($P=0,0459$).

A temperatura influenciou significativamente a oxidação lipídica das gemas dos ovos produzidos na 24^a semana de idade das aves e armazenados por 07 ($P=0,0001$) e 14 ($P=0,0001$) dias, quando refrigerados apresentaram menor oxidação lipídica do que ovos mantidos em temperatura ambiente. O mesmo pode ser observado em ovos produzidos na 32^a semana de idade das aves e armazenados por 28 dias ($P=0,0248$) e produzidos na 48^a semana de idade das aves e armazenados por 21 dias ($P=0,0001$). No entanto, ovos produzidos na 32^a semana de idade das aves e armazenados por 07 dias ($P=0,0001$), apresentaram maior oxidação lipídica da gema quando mantidos sob refrigeração do que os armazenados em temperatura ambiente.

De acordo com Fellenberg e Speisky (2006) o MDA não é o único produto da oxidação dos lipídios que reage com o TBA (ácido tiobarbitúrico), outras substâncias reagem com o TBA, como aldeídos não provenientes de oxidação lipídica e açúcares como sacarose e glicose, o que pode levar a um resultado superestimado. Ainda o MDA pode se complexar com proteínas, aminas e outros compostos, não reagindo com o TBA, subestimando a oxidação da amostra.

A cantaxantina apenas influenciou a quantidade de MDA em ovos frescos, não mostrando efeito antioxidante na vida de prateleira. Rosa et al. (2011) suplementaram 6ppm de cantaxantina em dietas para matrizes reprodutoras e armazenaram os ovos por zero, 4, 8 e 12 dias e observaram que as gemas dos ovos apresentaram menores valores de MDA, quando comparadas aos ovos das aves que receberam dieta sem suplementação de cantaxantina da

partir de ovos frescos. Zhang et al. (2011) e Ren et al. (2016) também observaram efeito antioxidante da cantaxantina nos tecidos embrionários, quando suplementaram a dieta de matrizes reprodutoras. Surai et al. (2003) e Robert et al, (2008) observaram o efeito da nutrição materna com suplementação de 6 mg/kg de CTX, e encontraram um aumento da capacidade de proteção dos tecidos contra o estresse oxidativo na progênie. Bonilla et al. (2017) observaram que as gemas de ovos de aves suplementadas com CTX apresentaram menor oxidação lipídica do que as não suplementadas após 7 dias de armazenagem.

Estudos realizados em ovos de poedeiras armazenados, demonstraram que os lipídios da gema sofrem oxidação durante o período de armazenamento, e que esta oxidação aumenta com o maior período, tanto em temperatura ambiente (25°C) ou refrigerada (4°C), porém sendo altamente significativa em temperaturas altas (FRANCHINI et al., 2002; CHERIAN et al., 2007; GIAMPIETRO et al., 2008), concordando com os resultados encontrados neste estudo.

Tabela 18 – Oxidação lipídica da gema* de ovos de poedeiras alimentadas com dietas a base de milho ou sorgo, suplementadas ou não com cantaxantina e, armazenados em duas temperaturas (4^a ou 25^aC) durante a vida de prateleira (dias)

(continua)

Idade (semanas)	Oxidação lipídica (µg de malondialdeído/kg de gema)																			
	24 ^a					32 ^a					40 ^a					48 ^a				
Fator	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d	0d	7d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	92,08	70,12	112,32	109,61	103,73	19,02	81,38	109,17	107,34	160,50	66,08	57,75	58,27	75,75	74	70,15	75,85	50,36	57,17	75,75
Sorgo (S)	76,46	64,26	108,67	108,17	99,37	24,49	84,21	122,23	109,44	149,47	55,36	79,28	53,21	82,75	89,21	78,89	75,62	66,86	75,16	84,38
CTX (mg/kg)																				
0	85,26	67,54	106,75	110,61	106,64	21,31	93,18	118,73	105,53	161,69	55,2	73,49	61,43	72,84	81,08	83,35	70,67	58,15	70,26	74,97
6	83,29	66,84	114,24	107,17	96,47	22,20	72,41	112,67	111,24	148,28	66,24	63,54	50,05	85,66	82,13	65,69	80,8	59,06	62,07	85,16
T																				
Amb	84,27	89,07	166,44	108,55	93,90	21,76	60,15	124,45	99,15	173,86	60,72	106,42	64,53	80,30	82,5	75,26	68,76	64,2	87,52	87,52
Ref	84,27	45,30	54,55	109,23	109,20	21,76	105,44	106,95	117,63	136,11	60,72	30,61	46,95	78,21	80,71	73,78	82,71	53,02	44,81	72,61
ING*CTX																				
M x 0	88,76	70,82	108,86	106,84	108,50	20,95	87,60	108,77	106,75	172,65	53,03	54,48	64,89	73,75	73,55	90,96a	79,79	51,98	61,69	75,58
M x 6	95,40	69,41	115,78	112,37	98,97	17,09	75,17	109,58	107,92	148,34	79,13	61,05	51,64	77,76	74,46	49,33b	71,9	48,73	52,65	75,92
S x 0	81,75	64,25	104,64	114,38	104,78	21,66	98,77	128,70	104,31	150,74	57,37	92,51	57,96	71,94	88,61	75,74ab	61,54	64,32	78,82	74,35
S x 6	71,17	64,26	112,71	101,97	93,97	21,32	69,65	115,76	114,57	148,21	53,35	66,05	48,46	93,57	89,61	82,04ab	89,71	69,40	71,49	94,41
ING*T																				
M x Amb	92,08	95,52	171,88	108,88	94,92	19,02	51,27	114,61	96,72	183,11	66,08	96,00	62,28	74,97	73,82	71,7	73,62	49,99	78,87	82,96
M x Ref	92,08	44,71	52,75	110,33	112,55	19,02	111,50	103,73	117,95	137,88	66,08	19,50	54,25	76,54	74,19	68,59	78,08	50,72	35,47	68,54
S x Amb	76,46	82,62	160,99	108,22	92,89	24,49	69,04	134,28	101,57	164,61	55,36	116,830	66,78	85,64	91,18	78,82	63,900	78,4	96,17	92,08
S x R	76,46	45,89	56,36	108,12	105,86	24,49	99,38	110,17	117,31	134,34	55,36	41,73	39,64	79,87	87,23	78,96	87,34	55,32	54,14	76,68
CTX*T																				
0 x Amb	85,26	93,55	168,32	105,06	91,88	21,31	61,36	121,26	95,28	179,87	55,2	106,6	73,69	71,26	76,47	83,35	60,3	61,48	92,35	79,75
0 x Ref	85,26	41,52	45,18	116,16	121,39	21,31	125,01	116,21	115,78	143,52	55,2	40,39	49,16	74,42	85,69	83,35	81,04	54,83	48,17	70,18
6 x Amb	83,29	84,59	165,55	112,04	95,93	22,20	58,95	127,64	103,01	167,84	66,24	106,24	55,37	89,34	88,53	67,17	77,23	66,92	82,7	95,29
6 x Ref	83,29	49,08	63,93	102,30	97,01	22,20	85,87	97,69	119,48	128,71	66,24	20,84	44,73	81,99	75,74	64,2	84,38	51,21	41,45	75,03
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	88,76	97,30	171,06	95,53	91,28	20,95	47,44	107,06	95,08	192,01	53,03	85,61	69,47	74,25	66,01	90,96	70,78	52,69	77,2	75,78
M x 0 x Ref	88,76	44,35	46,66	118,15	125,72	20,95	127,75	117,47	118,43	153,29	53,03	23,36	60,31	73,24	81,08	90,96	88,81	51,27	46,18	75,39
M x 6 x Amb	95,40	93,75	172,71	122,22	98,56	17,09	55,10	122,16	98,36	174,20	79,13	106,4	55,09	75,68	81,62	52,44	76,46	47,29	80,54	90,15
M x 0 x Ref	95,40	45,07	58,85	102,52	99,38	17,09	95,24	96,99	117,48	122,48	79,13	15,65	48,19	79,83	67,3	46,22	67,34	50,17	24,77	61,69
S x 0 x Amb	81,75	89,81	165,59	114,59	92,48	21,60	75,28	135,45	95,49	167,73	57,37	127,6	77,91	68,28	86,92	75,74	49,82	70,26	107,49	83,72
S x 0 x Ref	81,75	38,70	43,69	114,16	117,07	21,66	122,26	121,95	113,13	133,74	57,37	57,42	38,02	75,6	90,29	75,74	73,26	58,38	50,16	64,98
S x 6 x Amb	74,17	75,44	156,40	101,85	93,30	27,32	62,80	133,12	107,66	161,49	53,35	106,07	55,65	102,99	95,44	81,91	77,99	86,55	84,85	100,44
S x 6 x Ref	71,17	53,09	69,02	102,08	94,64	27,32	76,51	98,39	121,48	134,93	53,35	26,04	41,27	84,14	84,17	82,17	101,42	52,25	58,12	88,37

(conclusão)

Fonte de variação	Valor de <i>p</i>																			
ING	0,0558	0,4363	0,7596	0,9099	0,5948	0,2766	0,7959	0,2681	0,8525	0,5053	0,2670	0,2174	0,5663	0,3644	0,1201	0,4286	0,983	0,8075	0,0459	0,3885
CTX	0,8069	0,9255	0,5300	0,7860	0,2168	0,8581	0,0605	0,6055	0,6145	0,4177	0,2532	0,5667	0,1910	0,0992	0,9134	0,1123	0,3365	0,0981	0,3582	0,3086
T	1,0000	0,0001	0,0001	0,9574	0,0649	1,0000	0,0001	0,1391	0,1060	0,0248	1,0000	0,0001	0,4910	0,7825	0,8540	0,8928	0,1873	0,3392	0,0001	0,1381
ING*CTX	0,2874	0,9246	0,9616	0,4798	0,9380	0,3436	0,4461	0,5584	0,6882	0,5103	0,1205	0,3434	0,8317	0,2547	0,9882	0,0325	0,0895	0,5985	0,9236	0,3248
ING*T	1,0000	0,3497	0,5435	0,9511	0,7762	1,0000	0,1745	0,5733	0,8081	0,6511	1,0000	0,9679	0,2802	0,6339	0,8237	0,8830	0,3681	0,8222	0,9387	0,9608
CTX*T	1,0000	0,2735	0,3458	0,4123	0,8580	1,0000	0,0962	0,2907	0,8590	0,9328	1,0000	0,5811	0,4316	0,4955	0,2586	0,8928	0,5189	0,5966	0,8689	0,5923
ING*CTX*T	1,0000	0,4162	0,6152	0,3977	0,7516	1,0000	0,8747	0,8757	0,9927	0,7573	1,0000	0,7882	0,5100	0,3106	0,7038	0,8830	0,5193	0,6493	0,1224	0,3854
Média	84,27	66,06	109,92	108,89	101,64	21,76	82,80	115,40	108,26	154,90	61,01	68,52	55,92	78,63	81,54	74,78	75,84	61,86	66,16	80,06
Erro Padrão	35,92	49,54	52,72	56,48	36,23	22,32	48,72	51,58	50,14	73,11	77,36	38,20	33,10	42,55	48,25	46,53	46,64	39,73	39,58	44,47

*TBARS (substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico)

^{a, b} As letras diferem nas colunas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$); d= dias de armazenagem; ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4°C).

6 CONCLUSÕES

O efeito da cantaxantina sobre a vida de prateleira e qualidade de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com milho ou sorgo foi avaliado neste estudo.

A cantaxantina demonstrou efeito positivo para desempenho produtivo. A taxa de postura e a conversão alimentar/massa de ovos foram influenciadas positivamente pela cantaxantina quando suplementada em dietas a base de milho.

Na qualidade de ovos, a temperatura apresentou efeito expressivo nas variáveis peso de ovo e de albúmen, unidade Haugh, pH de albúmen, resistência da membrana vitelina e índice de gema, mostrando que ovos mantidos em temperatura refrigerada, mantêm a qualidade por mais tempo.

A cantaxantina proporcionou cor da gema alaranjada independente do ingrediente do qual foi suplementada. A suplementação associada à dieta a base de sorgo promoveu maior escore colorimétrico, mesmo sendo um ingrediente pobre em pigmentos. Esse estudo nos mostra a eficiência na deposição de cantaxantina na gema do ovo.

O efeito antioxidante da cantaxantina na vida de prateleira dos ovos não pode ser observado neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMIEC, I. et al. Changes in egg volatiles during storage. **Czech Journal of Food Science**, v. 20, n. 2, p. 79-82, 2002.
- AHMADI, F.; RAHIMI, F. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. **World Applied Sciences Journal**, v. 12, n. 3, p. 372-384, 2011.
- AKIBA, Y. et al. Pigmentation of egg yolk with yeast *phaffia rhodozyma* containing high concentration of astaxanthin in laying hens fed on a low-carotenoid diet. **Journal Poultry Science**, v. 3, p. 77-85, 2000.
- AKYUREK, H.; OKUR, A.G. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in freerange layer hens. **Journal of Animal and Veterinary**, v. 8, n. 10, p. 1953-1958, 2009.
- ALLEONI, A. C. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 4, p. 681-685, 2001.
- ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição Animal - As Bases e os Fundamentos da Nutrição Animal - Os Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Nobel, p. 272-273, 1990.
- ANGELES M. SCHEIDELER, S. Effect of diet, level, and source of xanthophyll on hen performance and egg yolk pigmentation. Poultry Science Association 98th Annual Meeting. Abstracts. Inc. **Official Journal of the Poultry Science. Association Pinnstater Conference Center**. v.77, p. 1-18, 1998.
- ANGELO, A. J. S. et al. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 36, p. 175, 1996.
- ANTON, M. Composition and structure of hen egg yolk. In: HUOPALAHTI, R.; LOPEZ-FANDINO, R. (Eds.). **Bioactive Egg Compounds**; Springer-Verlag: Heidelberg, Germany, p. 17-24, 2007.
- AOAC: **Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists**. 18. ed. method 996, v. 06 p. 20-25, 2005.
- ARAD, Z. et al. Changes in uterine fluid composition and acid-base status during shell formation in the chicken. **Amerian Journal of Physiology**, v. 257, p. 732-737, 1989.
- ARMSTRONG, M. W.; BRITTON, W. M.; FULLER, H. L. Effect of methionine and choline on tannic acid and tannin toxicity in the laying hen. **Poultry Science**, v. 52, p. 2160-2168, 1973.
- ASSUENA, V. et al. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 93-99, 2008.
- AUSTIC, R. E.; NESHEIM, M. C. **Poultry production**. 13. ed. London: Lea Febiger, 1990.
- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential aspects on human health. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 65, p. 1199-1221, 2004.

BAIÃO, N. C. et al. Influence of type and source of xanthophylls and level of use on yolk pigmentation. Poultry Science Association 85th Annual Meeting. Abstracts. Inc Official **Journal of the Poultry Science Association**. Louisville, Kentucky, p. 1-84, 1996.

BAR, A. et al. Egg shell quality and cholecalciferol metabolism in aged laying hens. **Journal of Nutrition**, v. 18, p. 1018-1023. 1988.

BARBOSA, N. A. A. et al. Efeito da temperatura e do tempo de armazenamento na qualidade interna de ovos de poedeiras comerciais. **Brazilian Journal Poultry Science**, supl. 6, p. 60-65, 2004.

BEARDSWORTH, P. M.; HERNÁNDEZ, J. M. Canthaxanthin is more than a safe carotenoid. **World Poultry Science**, v. 19, p. 14-15, 2003.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1070p. 2009.

_____. **Food Chemistry**, Springer-Verlag Berlim, v. 11, p. 400-414. 1987.

BELLAIRS, R.; HARKNESS, M.; HARKNESS, R. D. The vitelline membrane of the hen's egg: a chemical and electron microscopical study. **Journal of Ultrastructure Research**, v. 8, p. 339-359, 1963.

BENDICH, A.; OLSON, J. A. Biological actions of carotenoids. **Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology – FASEB**, v. 3, p. 1927-1932, 1989.

BERARDINELLI, A. et al. Effects of transport vibrations on quality indices of shell eggs. **Biosystems Engineering**, v. 86, n. 4, p. 495-502, 2003.

BERGAMO, P. et al. Measurement of malondialdehyde levels in food by high-performance liquid chromatography with fluorometri detection. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2171-2716. 1998.

BLESSIN, C. W.; BRECHER, J. D.; DIMLER, R., J. Carotenoids of corn and sorghum. V. Distribution of xanthophylls and carotenes of yellow dent corn. **Cereal Chemistry**. v. 40, p. 582-586, 1963.

BÖHM, F. et al. Carotenoids enhance vitamin E antioxidant efficiency. **Journal of American Chemical Society**, v. 119, p. 621-622, 1997.

BONILLA, C. E. V. et al. Effect of broiler breeders fed with corn or sorghum diet and canthaxanthin supplementation on production and reproductive performance. **Poultry Science**, v. 96, n. 6, p. 1725-1734. 2017.

BOREN, B.; WANISKA, R. D. Sorghum seed color as an indicator of tannin content. **Journal of Applied Poultry Research**, n. 1, p. 117-121, 1992.

BORNSTEIN S.; BARTOV, I. Studies on egg yolk pigmentation of yolk colour and colorimetric assay of yolk carotenoids. **Poultry Science**, p. 287-296, 1965.

BOTELLA-PAVÍA, P.; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, M. Carotenoid biotechnology in plants for nutritionally improved foods. **Physiologia Plantarum**, v. 126, p. 369-381, 2006.

- BOUDRIES, N. et al. Physicochemical and functional properties of starches from sorghum cultivated in the Sahara of Algeria. **Carbohydrate Polymers**, n. 78, p. 475-480, 2009.
- BOWEN, P. E. et al. Esterification does not impair lutein bioavailability in humans. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 3668-3673, 2002.
- BRAKE, J. et al. Egg Handling and Storage. **Poultry Science**, n. 76, p. 144-151, 1997.
- BRANT, A.W.; OHE, A. W.; NORRIS, K. H. Recommended standard for scoring and measuring opened egg quality. **Food Technology**, v. 5, p. 356, 1951.
- BRAUNLICH, K. The chemistry and action of pigmentation in avian diets. In: **15th World Poultry Congress**, New Orleans, USA, p. 236-239, 1974.
- BRAZ, N. M. et al. Semente residual do urucum na alimentação de poedeiras comerciais: desempenho e características dos ovos. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 29, p. 129-133, 2007.
- BREITHAUPT, D. E. Modern Application of xanthophylls in animal feeding: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 18, p. 501-506, 2007.
- BRUZEGUEZ, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. T. **Utilização do sorgo nas rações de aves e suínos**. Poli-Nutri alimentos. 2001. Disponível em: <http://www.polinutri.com.br/upload/artigo/143.pdf>. Acesso: em 14 jul. 2016.
- BURLEY, R. W.; VADEHRA, D. V. The albumen: chemistry. In: BURLEY, R. W.; VADEHRA, D. V. (Eds.). **The avian egg: chemistry and biology**. Wiley, New York, p. 65-128, 1989.
- BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. 1. ed. Campinas, SP, Agros Comunicação, p. 154, 2002.
- CARBÓ, C. B. **La gallina ponedora**. Madrid: Mundi-Prensa, p. 379-424, 1987.
- CARVALHO, F. B. et al. Qualidade interna e de casca para ovos de poedeiras comerciais de diferentes linhagens e idades. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 25-29, 2007.
- _____. Influência da conservação e do período de armazenamento sobre a qualidade interna e de casca de ovos comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Supl. 5, p. 100, 2003.
- CASARTELLI, E. M. et al. Commercial laying hen diets formulated according to different recommendations of total and digestible amino acids. **Brazilian Journal of Poultry Science** v. 7, n. 3, p. 177,180, 2005.
- CHEEKE, P. R. **Applied animal nutrition**. Feeds and feeding. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.
- CHERIAN, G. et al. Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. **Poultry Science**, v. 86, p. 953-958, 2007.

CHO, J. H.; ZHANG, Z. F.; KIM, I. H. Effects of canthaxanthin on egg production, egg quality and egg yolk color in laying hens. **Journal os Agricultural Science**. v. 5, n. 1, 2013.

CHUNG, W. S.; LAI, K. M.; HSU, K. C. Comparative Study on Histological Structures of the Vitelline Membrane of Hen and Duck Egg Observed by Cryo-Scanning Electron Microscopy. **Journal of Agriculture Food and Chemistry**, v. 58, p. 1794-1799, 2010.

COLIN, G. S.; GEORGE, B.; ENSMINGER, M. E. **Poultry Science** (4th ed). New Jersey: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, 2004.

COOK, F.; BRIGGS, G. M. The nutritive value of eggs. In: STADELMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. (Eds.). **Egg science and technology**, 3rd edn. AVI Publishing, Westport, pp 141–163. 1986.

COSTA D. M. et al. Monitoramento da qualidade dos grãos de milho comercializados nas casas agropecuárias de Bambuí-MG. II SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG CAMPUS BAMBUÍ, 2009, Bambuí. **Anais...** Bambuí: IFMG, 2009.

COSTA, F. G. P. et al. Efeitos da inclusão do extrato oleoso de urucum em rações de poedeiras com substituição total ou parcial do milho pelo sorgo de baixo tanino. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 28, n. 4, p. 409-414, 2006.

COUTTS, J. A. et al. **Optimum Egg Quality - A Practical Approach**. Sheffield: 5M Publishing, p. 63, 2007.

COUTTS, J. A.; WILSON, G. C. **Egg Quality Handbook**. Queensland Department of Primary Industries, Australia, 1990.

COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Carbohydrase, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. **Poultry Science**. v. 84, p. 1860-1867, 2005.

CRUZ, F. G. G.; MOTA, M. O.S. Efeito da temperatura e do período de armazenamento sobre a qualidade interna dos ovos comerciais em clima tropical úmido. In: CONFERÊNCIA APINCO'96 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1996, FACTA, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Facta. p. 96. 1996.

CUNNINGHAM, F. E.; COTTERIL, O. J.; FUNK, E. M. The effect of season and age of bird. I. On egg size, quality and yield. **Poultry Science**, v. 39, p. 289-299, 1960.

DALE, N.; STRONG, C. F. Inability to demonstrate an effect of Eggshell. 49 on shell quality in older laying hens. **Journal of Appiled Poultry Research**, v. 7, p. 219-224, 1998.

DECUYPERE, E. et al. The day-old chick: A crucial hinge between breeders and broilers. **World's Poultry Science**. v. 57, p. 127-139, 2001.

DONALD, D. B.; WILLIAM, D. W. **Commercial Chicken Meat and Egg production** (5th ed). USA: Kluwer Academic Publishers, 2002.

DSM. **Guidelines for egg yolk pigmentation with Carophyll®**. 2004. Disponível em: <http://www.christa.bg/files/Catalogue/105.pdf>. Acesso em: 16 de ago. 2014.

DYKES, L. et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 17, p. 6813-6818, 2005.

EBADI, M. R. et al. Effect of Sorghum Tannin on Egg Quality and Quantity of Laying Hen. **Proceedings of the 15th European Symposium on Poultry Nutrition**, Balatonfured, Hungary, v. 25-29, p. 496-499, 2005.

_____. Nutrient composition and metabolizable energy of 36 grain sorghum varieties and two types of corn. **Journal of Agricultural Science and Natural Resources**, v. 1, p. 67-76, 1998.

EBADI, M. R. **Substitution of three varieties of grain sorghum for corn in laying hens nutrition**. Final report of research plant. Ministry of agriculture. 2000.

EGESEL, C. O et al. Combining ability of maize inbreds for carotenoids and tocopherols. **Crop Science**, v. 43, p. 818-823, 2003.

EL-AGAMEY, A. et al. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. **Archive. Biochemical. Biophysis** v. 430, p. 37-48, 2004.

EUROPEAN COMMISSION. **Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on the use of canthaxanthin in feedingstuffs for salmon and trout, laying hens, and other poultry**, 2002.

FASIAGOVA, M.; BORILOVA, G. Impact of Se supplementation on the oxidation stability of eggs. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, p. 175-184, 2017.

FEDDERN, V. et al. Egg quality assessment at diferente storage conditions seasons and laying hens strains. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 3, p. 322-333. 2017.

FEENEY, R. E. et al. Studies of the kinetics and mechanisms of yolk deterioration in shell eggs. **Poultry Science**, v. 35, p. 1061-1066, 1956.

FELLENBERG, M. A.; SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, p. 53-70, 2006.

FERNANDES, E. A. Perspectivas do sorgo no Brasil: produção e qualidade. In: **SEMINÁRIO TÉCNICO AJINOMOTO BIOLATINA**, 9., Cascavel, 2003.

FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. P. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras, MG: FAEPE. 228p. 1997.

FIGUEIREDO, T. C. et al. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 712-720. 2011.

FLETCHER, D. L. et al. The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content. **Poultry Science**, v. 62, p. 1800-1805, 1981.

_____. The relationship of layer flock age and egg weight on egg component yields and solids content. **Poultry Science**, v. 62, p. 1800-1805, 1983.

FONTANA, J. D. et al. Carotenóides: cores atraentes e biológica. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 13, p. 40-45, 2000.

FRANCHINI, A. et al. Oxidative stability and sensory and functional properties of eggs from laying hens fed supranutritional doses of vitamins E and C. **Poultry Science**, v. 81, p. 1744-1750, 2002.

FROMM, D.; LIPSTEIN, R. Strength, distribution, weight, and some histological aspects of the vitelline membrane of the hens egg yolk. **Poultry Science**. v. 43, p. 1240-1244, 1964.

FURTADO, I. M. et al. Correlação entre medidas da qualidade de casca e perda de ovos no segundo ciclo de produção. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n. 3, p. 654-660, 2001.

GALOBART, J. et al. Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigmenting sources. **Journal Applied of Poultry Research**, v. 13, n. 2, p. 328-334, 2004.

GARCIA, E. A. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com semente de urucum (*Bixa Orellana L.*) moída na dieta. **Veterinária e Zootecnia**, v. 16, p. 689-697, 2009.

_____. Effect of canthaxanthin levels on performance and egg quality of laying hens. **Brazilian Journal of Poultry Science**. n. 4, p. 1-4, 2002.

_____. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e períodos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção animal**, v. 11, n. 2, p. 505-518, 2010.

_____. Qualidade interna de ovos: efeito do armazenamento, linhagem e idade da poedeira. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 5, n. 1, p. 101-109, 2015.

GAWECKI, K.; POTKANMSKI, A.; LIPINSKA, H. Effect of carophyll yellow and carophyll red added to comercial feeds for laying hens on yolk colour and its stability during short-term refrigeration. **Roczniki Akademii Rolnicze W Poznaniu**. v. 94, p. 85-93, 1977.

GIAMPIETRO, A. et al. Estudo da metodologia de TBARS em ovos. *Produção Animal - Avicultura*, **Revista do Avisite**, n. 13, p. 18-18, 2008.

GOUVEIA, L. et al. Chlorella Vularis used to colour egg yolk. **Journal Science and Food Agricultural.**, n. 70, p. 167-172, 1996.

GRASHORN, M. A.; STEINBERG, W.; BLANCH, A. Effects of canthaxanthin and saponified capsanthin/capsorubin in layer diets on yolk pigmentation in fresh and boiled eggs. In: **XXI World's Poultry Congress**, Montreal, Canada, 2000.

GRASHORN, M. A.; STEINBERG, W. Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. **Arch. Geflügelk.** v. 66, p. 258-262, 2002.

GRAY, J. I. Measurement of Lipid Oxidation" A Review, **Journal of the American Oil Chemists'Society**, v. 55, p. 539, 1978.

GRIFFIN, H. D.; PERRY, M. M.; GILBERT, A. B. Yolk formation. In: **Physiology and Biochemistry of the domestic Fowl**. London, UK: Academic Press. v. 5, p. 345-380. 1984.

GROTTO, D. et al. Rapid quantification of malondialdehyde in plasma by high performance liquid chromatography – visible detection. **Journal Pharmaceutical Biomedica**, v. 43, p. 619-624, 2007.

HAMILTON, R. M. G. The microstructure of the hen's eggshell: a short review. **Food Microstructure**, v. 5, p. 99-110, 1986.

HASIN, B. M. et al. Marigold and orange skin as egg yolk color promoting agents. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, p. 979-987, 2006.

HATTA, H.; KAPOOR, M.; JUNEJA, L. Bioactive components in egg yolk. In: MINE, Y. (Ed.). **Egg Bioscience and Biotechnology**; JohnWiley & Sons, Ltd.: Hoboken, NJ, USA; p. 185-237, 2008.

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

HEATH, J. L. Chemical related osmotic changes in egg albumen during storage. **Poultry Science**, v. 56, p. 822-828, 1977.

HENCJEN, H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. **Poultry Science**, v. 71, p. 711-717. 1992.

HERNÁNDEZ, J. M. Stable pigmenting carotenoids: a new concept for Least Cost Pigmentation. **Journal Animal Feed Science and Technology**, v. 5, n. 6, p. 43-47, 2001.

HIGUERA-CIAPARA, I.; FÉLIX-VALENZUELA, L.; GOYCOOLEA, F. M. Astaxanthin: A Review of its Chemistry and Applications. **Food Science and Nutrition**. v. 46, n. 2, p. 185-196, 2007.

IMIK, H. et al. Effects of Additives on Laying Performance, Metabolic Profile, and Egg Quality of Hens Fed a High Level of Sorghum (*Sorghum vulgare*) during the Peak Laying Period. **Asian-Australian Journal Animal Science**, v. 19, n. 4, p. 573-581, 2006.

JACOB, J. P. et al. The feeding value os Kenyan sorghum, sunflower seed cake and sesame seed cake for broiler and layers. **Animal Feed Science Technology**, v. 61, p. 630-639, 1996.

JENTZSCH, A. M. et al. Improved analysis of malondialdehyde in human body fluids. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 20, n. 2, p. 251-256, 1996.

JONES, D. R. et al. Effects of cryogenic cooling of shell eggs on egg quality. **Poultry Science**, v. 81, n. 5, p. 727-733, 2002.

JONES, D. R.; MUSGROVE, M. T. Effects of extended storage on egg quality factors. **Poultry Science**, v. 84, n. 11, p. 1774-1777, 2005.

KARADAS, F. et al. Embryonic development within carotenoid-enriched eggs influences the post-hatch carotenoid status of the chicken. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology**, v. 141, p. 244-251, 2005.

KARATAS, F.; KARATEPE, M.; BAYSAR, A. Determination of free malondialdehyde in human serum by highperformance liquid chromatography. **Analytical Biochemistry**, v. 311, p. 76-79, 2002.

KATO, A. et al. Degradation of the o-glycosidically linked carbohydrate units of ovomucin during egg white thinning. **Journal Food Science**, v. 44, p. 1341-1344, 1979.

KEBEDE, H.; URGE, M.; KEBEDE, K. Effect of Replacing Maize with Malted Barley Grain on Egg Quality and Laying Hen's Performance of White Leghorn. **Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary**, v. 15, n. 7, 2015.

KEENER, K. M. et al. Effect of testing temperature on internal egg quality measurements. **Poultry Science**. v. 85, p. 550-555, 2006.

KEENER, K. M.; LACROSSE, J. D.; BABSON, J. K. Chemical method for determination of carbon dioxide content in egg yolk and egg albumen. **Poultry Science**, v. 80. n. 7, p. 983-987, 2001.

KEMPS, B. J. et al. Albumen freshness assessment by combining visible near-infrared transmission and low-resolution proton nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Poultry Science**, v. 86, p. 752-759, 2007.

KHATON, A.; ALI, M. A.; DINGEL, J. G. Comparison of the nutritive value for laying hens of diets containing azolla (*Azolla pinata*) based on formulation using digestible protein and digestible amino acid. **Animal Feed Science and Technology**, v. 81, p. 43-56, 1999.

KIDO, S.; DOI, Y. Separation and properties of the inner and outer layers of the vitelline membrane of hen's eggs. **Poultry Science**, v. 67, p. 476-486, 1988.

KIDO, S.; JANADO, M.; NUNOURA, H. Macromolecular components of the vitelline membrane of hens eggs. I. Membrane structure and deterioration with age. **Journal of Biochemistry**, v. 79, p. 1351-1356, 1976.

KIRUNDA, D. F. K.; McKEE, S. R. Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. **Poultry Science**, v. 79, p. 1189-1193, 2000.

KNIGHT, D. W.; BOWREY, M.; COOKE, D. J. The preservation of internal egg quality using silicone fluids. **British Poultry Science**, v. 13, p. 587-593, 1972.

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**, p. 8421-8431, 2005.

KRALIK, Z. et al. Effect of storage period on the quality of table eggs. **Acta Agraria Kaposvariensis**, v. 18, n. 200-206, 2014.

KRINSKY, N. I. Carotenoids as antioxidants. **Nutrition**, v. 17, p. 815-817, 2001.

KURILICH, A. C.; JUVIK, J. A. Quantification of carotenoid and tocopherol antioxidants in *Zea mays*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1948-1999, 1999.

LAPÃO, C.; GAMA, L. T.; SOARES, M. C. Effects of broiler breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. **Poultry Science**, v. 78, p. 640-645, 1999.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Comercial Poultry nutrition**. Gueph, Ontário, University Book, 238 p., 1991.

_____. **Scott's nutrition of the chicken**. 4.ed. Guelph: University Books, 591 p., 2001.

LI-CHAN, E.; NAKAI, S. Biochemical basis for the properties of egg white. **Critical reviews in poultry biology**. v. 2, n. 1, p. 21-58, 1989.

LI-CHAN, E. C. Y.; KIM, H. O. Structure and chemical composition of eggs. In: MINE, Y. (Ed.). **Egg Bioscience and Biotechnology**; JohnWiley & Sons, Ltd: Hoboken, NJ, USA, p. 1-95, 2008.

LIMA, E. S.; ABDALLA, D. S. P. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 37, n. 3, p. 293-303, set./dez. 2001.

LLAURADO, L. I. et al. Effect of canthaxanthin supplementation on the hatchability of eggs of broiler breeders. P. 280-282. **Proceedings...** 11th WPSA European Symposium on Poultry Nutrition, Faaborg, Denmark. World's Poultry Science Association, Beekbergen, the Netherlands. 1997.

LONDERO, D.; GRECO, P. L. Automated high-performance liquid chromatographic separation with spectrofluorometric detection of a malondialdehydethiobarbituric acid adduct in plasma. **Journal of Chromatography**. A, v. 729, p. 207-210, 1996.

MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, W. A.; DURAES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, (Circular Técnica, n. 27). 26 p. 1997.

MAISUTHISAKUL, P.; SUTTAJIT, M.; PONGSAWATMANIT, R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1409-1418, 2007.

MAO, J. et al. New method for HPLC separation and fluorescence detection of malonaldehyde in normal human plasma. **Journal of Chromatography B. Anal. Technology Biomedical Life Science**, v. 832, n. 1, p. 103-108, 2006.

MARTINO, H. S. D. et al. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-44, 2012.

MCBRIDE, J. It plants pigments paint on antioxidants substance rainbow. **Agricultural Research Washington**, v. 44, n. 11, p. 4-8, 1996.

MEDEIROS, J. P. et al. Unidade Haugh e gravidade específica como medida de qualidade de ovos de poedeiras comerciais armazenados em temperaturas e períodos diferentes. **O Biológico**, v. 69, n. 2, p. 148, 2007.

MELLENDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides em los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 54, n. 2, p. 209-215, 2004.

MOHITI-ASLI, M. et al. Effects of supplementing layer hen diets with Se and vitamin E on egg quality, lipid oxidation and fatty acid composition during storage. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 88, p. 475-483, 2008.

MORENG, R. E.; AVENS, J. S. **Ciência e produção de aves**. São Paulo: Roca, 380 p. 1990.

MORENO, J. O. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 29, n. 2, p. 159-163, 2007.

MOURA, A. M. A. et al. Efeito da temperatura de estocagem e do tipo de embalagem sobre a qualidade interna de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 578-583, 2008.

NA, J.-C. et al. Effect of polarity on absorption and accumulation of carotenoids by laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 117, p. 305-315, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC. 1994.

NYACHOTI, C. M.; ATKINSON, J. L.; LEESON, S. Sorghum tannins: a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 53, p. 5-21, 1997.

NYS, Y. et al. Avian eggshell mineralization. **Poultry Avian Biological Reviews**, v. 10, p. 143-166, 1999.

_____. Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. **Comptes Rendus Palevol**, v. 3, p. 549-562, 2004.

_____. Biochemical and functional characterisation of eggshell matrix proteins in hens. **Worlds Poultry Science Journal**, v. 57, p. 401-413, 2001.

OBANU, Z. A.; MPIERI, A. A. Efficiency of dietary vegetable oils in preserving the quality of shell eggs under ambient tropical conditions. **Journal Science and Food Agricultural**, v. 35, p. 1311-1317, 1984.

OLIVEIRA, B. L. de; OLIVEIRA, D. D. de. **Qualidade e Tecnologia de Ovos**. 1. ed. Lavras, MG: UFLA, 223p. 2013.

OLIVEIRA, G. E. **Influência da temperatura de armazenamento nas características físico- químicas e nos teores de aminos bioativas em ovos**. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, N. T. E. et al. Pigmentação de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1525-1531, 2008.

OLOMU, J. M. **Monogastric Animal Nutrition—Principles and Practice**. **A Jachem Publication, Benin City**, p. 112-118, 1995.

OLSON, J. A. Bioavailability of carotenoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 49, n. 1 supl. 1, p. 21-25, 1999.

ORNELLAS, L. H. Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos. 7. ed. São Paulo: Editora Metha, 330 p., 2001.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: Métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, p. 655-663, 2005.

OVERFIELD, N. D. Egg quality assessment techniques at laboratory and field level. **In: BRIZ, R.C.** Egg and egg products quality. Zaragoza, 429 p. 1995.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Circular Técnica, n. 15. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 15, p. 1-6, 2009.

PALOZZA, P.; KRINSKY, N. I. β -Carotene and α -tocopherol are synergistic antioxidants. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 297, p. 184-187, 1992.

PAPPAS, A.C. et al. Effects of Supplementing Broiler Breeder Diets with Organic Se and Polyunsaturated Fatty Acids on Egg Quality During Storage. **Poultry Science**, v. 84, p. 865-874, 2005.

PARDI, H. S. **Influência da comercialização na qualidade dos ovos de consumo**. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense, 73p. 1977.

PARKER, R. S. Absorption, metabolism, and transport of carotenoids. **Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology – FASEB**, v. 10, n. 5, p. 542-551, 1996.

PARSONS, A. H. Structure of the eggshell. **Poultry Science**, v. 61, p. 2013-2021, 1982.

PAVLOVSKI, Z. et al. Shell quality – everlasting problem in the today poultry science. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 28, n. 3, p. 393-404, 2012.

PILZ, J.; MEINEKE, I.; GLEITER, C. Measurement of free and bound malondialdehyde in plasma by highperformance liquid chromatography as the 2,4- dinitrophenylhydrazine derivative. **Journal Chromatografy B: Anal. Technol. Biomed. Life Sci.**, v. 742, p. 315-325, 2000.

PINTO, M. et al. Uso do sorgo na alimentação de poedeiras. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, suplemento v. 7, p. 101, 2005.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N. Methodology for Measuring Malonaldehyde as a Product of Lipid Peroxidation in Muscle Tissues: A Review. **Meat Science**, v. 35, p. 145, 1993.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 40, p. 2182-2185, 1992.

RAMSEY, C. B. et al. Effects of grain, marbling and sex on pork tenderness and composition. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 148-154, 1990.

REEDY, A. R. et al. Performance of Layers on Sorghum- Based Poultry Feed Rations. *Journal os SAT Agricultural Research*, v. 1, n. 01, 2005.

RÊGO, I. O. P. et al. 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.

REIJRINK, I. A. M. et al. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation. **World Poultry Science**, v. 64, p. 581-598, 2008.

REN, Y. et al. Oxidative Stability of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids Enriched Eggs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 11595-11602, 2013.

REN, Z. Z. et al. The effects of maternal dietary vitamin premixes, canthaxanthin, and 25-hydroxycholecalciferol on the performance of progeny ducklings. **Poultry Science**. v. 95, n. 3, p. 630-635, 2016.

RENGEL, D. et al. Exogenously incorporated ketocarotenoids in large unilamellar vesicles. Protective activity against peroxidation. **Biochemistry and Biophysics Acta Biomembranes**, n. 1463, p. 179-187, 2000.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. Instituto Mauá de Tecnologia. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, p. 155-157, 2004.

ROBERT, F. M. et al. Effects of canthaxanthin supplementation in the Ross breeder diet on oxidative stress of chicks. p. 731-734. In: **Proceedings** 16th WPSA European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, France. World's Poultry Science Association, Beekbergen, the Netherlands. 2008.

ROCHA, J. S. R. Efeito do armazenamento e da cantaxantina dietética sobre a qualidade do ovo fértil e o desenvolvimento embrionário. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 792-800, 2013.

ROCHE VITAMINS AND FINE CHEMICALS. **Egg yolk pigmentation with carophyll** (3rd ed) (p. 1218). Switzerland: Hoffmann-La Roche. Ltd., Basel. 1988.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. ILSI Pres Washington, 60 p. 1999.

ROMANOFF, A. L.; A. J. ROMANOFF, **The Avian Egg**. John Wiley and Sons, Inc., New York. 1949.

ROONEY, L.W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal Animal Science**, v. 63, p. 1607-1623. 1986.

ROSA, A. P. et al. Effects of Canthaxanthin on the productive and reproductive performance of broiler breeders. **Poultry Science**, v. 91, p. 660-666, 2012.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 488p. 2017.

RUTZ, F. et al. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 3, p. 307-317, 2007.

SAMLI, H. E.; AGMA, A.; SENKOYLU, N. Effects of Storage Time and Temperature on Egg Quality in Old Laying Hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 14, p. 548-553, 2005.

SANTOS, M. S. V. **Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

SANTOS, M. S. V. et al. Efeito da temperatura e estocagem em ovos. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 513-517, 2009.

SAS. User's guide: statistics. Cary, NC: SAS Institute, 2009.

SAUNDERS, C. et al. Utilização de tabelas de composição de alimentos na avaliação do risco de hipovitaminose A. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 50, n. 3, 2000.

SAUVEUR, B. **El huevo para consumo: bases productivas**. Tradução por Carlos Buxadé Carbó. Barcelona: Aedos Editorial, 377 p. 1993.

SCHIEDT, K. **Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoids in chicken, salmonids and crustacean**. Thesis for Doctor Technicae, University of Trondheim, Norway. 1987

_____. **Carotenoids: Chemistry and Biology**, Ed.: Krinsky, N.I., Mathews-Roth, M.M. and R.F. Taylor, Plenum Press, New York and London, pp. 247-268. 1990.

SCHONER, F. J.; HOPPE, P. P.; WIESCHE, H. Feeding trials on laying hens with a newly developed carotenoid. **Muhle Mischfuttertechnik**, v. 127, p. 487-89, 1990.

SCOTT, T. A.; F. G. SILVERSIDES, The effect of storage and strain of hen on egg quality. **Poultry Science**, v. 79, p. 1725-1729, 2000.

SELLE, P.H. et al., Implications of sorghum in broiler chicken nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, n.156, p. 57- 74. 2010.

SHAFEY, T. M. et al. Effect os type of grain and oil supplement on the performance, blood lipoproteins, egg cholesterol and fatty acids of layning hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 200-206, 2003.

SHAHRYAR, H. A. et al. Lipid oxidation in fresh and stored eggs enriched with dietary 3 and 6 polyunsaturated fatty acids and vitamin E and A dosages. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 1827-1832, 2010.

SHENSTONE, F. S. Egg quality. In: CARTER, T. D. (Ed.). **A study of the avian egg**. Oliver & Boyd, Edinburgh. 1968.

- SHERWOOD, D. H. Factors affecting egg quality – A review. **Poultry Science**, v. 37, 1958.
- SIEBEL, 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.
- SIEBEL, N. F.; SOUZA-SOARES, L. A. **Avaliação física de ovos de codornas em diferentes períodos de armazenamento**. *Vetor*, v. 13, p. 47-52, 2003.
- SIES, H.; STAHL, W. Non-nutritive bioactive constituents of plants: lycopene, lutein and zeaxanthin. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v. 73, n. 2, p. 95-100, 2003.
- SILVA, F. A M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.
- SILVA, J. H. V.; ALBINO, L. F. T.; GODOI, M. J. S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1435-1439, 2000.
- SILVA, M. F. R. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo diferentes níveis de metionina e lisina. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 10, p. 2246-2252. 2010.
- SILVERSIDES, F. G.; SCOTT, T. A. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. **Poultry Science**, v. 80, p. 1240-1245, 2001.
- SIM, A. S. et al. Improved method for plasma malondialdehyde measurement by high-performance liquid chromatography using methyl malondialdehyde as an internal standard. **Journal of Chromatography. B: Anal. Technol. Biomed. Life Sci.**, v. 785, p. 337-344, 2003.
- SINDIRAÇÕES. **Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal**. São Paulo, 2016. Disponível em: http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2016/12/boletim_informativo_do_setor_dez_2016_vs_final_port.pdf. Acesso em: 08 jan. 2017.
- SOTO-SALANOVA, M. F. Natural pigments: practical experiences. In: GARNSWORTHY, P. C.; WISEMAN, J. (Eds.) Recent advances in animal nutrition. Nottingham: Nottingham University Press, p. 67-75, 2003.
- SOUZA, R. A.; SCATOLINI, A. M.; MANENTE, M. B. Influência do período de armazenamento na qualidade interna de ovos de codornas (*Cotunix xoturnix japonica*). In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP**, 12, 2004, Piracicaba, 2004.
- SPADA, F. P. et al. Adição de carotenoides naturais e artificiais na alimentação de galinhas poedeiras: efeito na qualidade de ovos frescos e armazenados. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, 2012.
- SQUIRES, E. J. et al. Research note: utility of the thiobarbituric acid test in the determination of the quality of fats and oils in feeds. **Poultry Science**, v. 70, p. 180, 1991.

STADELMAN, W. J. The preservation of quality in shell eggs. In: StadelmanWJ, Cotterill OJ, editors. *Egg science and technology*. 4th ed. Westport, Conn.: AVI Publishing. p. 67-79, 1995.

STADELMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. **Egg science and technology**. 4. ed. New York: Food Products Press, 591p. 1995.

STEGHENS, J. P. et al. Diaminonaphtalene, a new highly specific reagent for HPLC-UV measurement of total and free malondialdehyde in human plasma or serum. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 31, n. 2, p. 242-249, 2001.

SUBRAMANIAN, V.; METTA, V. C. Sorghum Grain for Poultry Feed. In: TECHNICAL AND INSTITUTIONAL OPTIONS FOR SORGHUM GRAIN, OLD MANEGMENT. 2000. **Patancheru Proceedings...** Patancheru: Índia International Consulation, p. 242-247, 2000.

SURAI, A. P. et al. Effect of canthaxanthin content of the maternal diet on the antioxidant system of the developing chick. **British Poultry Science**, v. 44, p. 612-619, 2003.

SURAI, A. P. The antioxidant properties of cantaxanthin and its potential effects in the poultry eggs and on embryonic development of the chick. Part 2. **World's Poultry Science Journal**. v. 68, 2012.

SURAI, P. F. Natural antioxidants in Poultry nutrition: New developments **In:** 16th European Symposium on Poultry Nutrition, p. 669-675, 2006.

_____. Effect of selenium and vitamin E content of maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. **British Poultry Science**, v. 41, p. 235-243, 2000.

SURAI, P. F. et al. Carotenoid discrimination by the avian embryo: A lesson from wild birds. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology**, v. 128, p. 743-750, 2001.

_____. Effect of supplementing the hen's diet with vitamin A on the accumulation of vitamins A and E, ascorbic acid and carotenoids in the egg yolk and in the embryonic liver. **British Poultry Science**, v. 39, p. 257-263, 1998.

TABOSA, J. N. et al. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 12, p. 1385-1390, 1993.

TOCCHINI, L.; MERCADANTE, A. Z. Extração e determinação, por CLAE, de bixina e norbixina em coloríficos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 310-313, 2001.

TULLET, S. G. Egg shell formation and quality. In: WELLS, R. G.; BELYAVIN, C. G. (Eds.). **Egg quality: current problems and recent advances**. Butterworth, London, p. 123-146. 1987.

TYCZKOWSKI, J. K.; HAMILTON, P. B. Absorption, transport and deposition in chicken of lutein diester, a carotenoid extracted from marigold (*Tagetes erecta*) petals. **Poultry Science**, v. 65, p. 1526-1531, 1986.

TYCZKOWSKI, J. K.; YAGEN, B.; HAMILTON, P. B. Metabolism of canthaxanthin, a red diketocarotenoid, by chicken. **Poultry Science**, v. 67, p. 787-793, 1988.

USDA. United States Department of Agriculture, **National Nutrient Database for Standard Reference** - Release 28 slightly revised May, 2016. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/112>. Acesso em: 16 out. 2017.

VAN VLIET, T.; VAN SCHAIK, F.; VAN DEN BERG, H. Beta-carotene metabolism: the enzymatic cleavage to retinal. **Voeding**. v. 53, p. 186-190. 1992.

VÉRAS, A. L. et al. Avaliação da qualidade interna de ovos armazenados em dois ambientes em diferentes tempos. In: Conferencia APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. Trabalhos de Pesquisa Avícola. São Paulo. **Brazilian Journal Poultry Science**, supl. Prêmio Lamas, p. 55, 1999.

WANG, X-D. Review: absorption and metabolism of β - carotene. **Journal of American College Nutrition**, v. 13, v. 4, p. 314-325, 1994.

WILLIAMS, A. W.; BOILEAU, T. W. M.; ERDMAN, J. Jr. Factors influencing the uptake and absorption of carotenoids. **Proceedings...** Society for Experimental Biology and Medicine. p. 106-108, 1998.

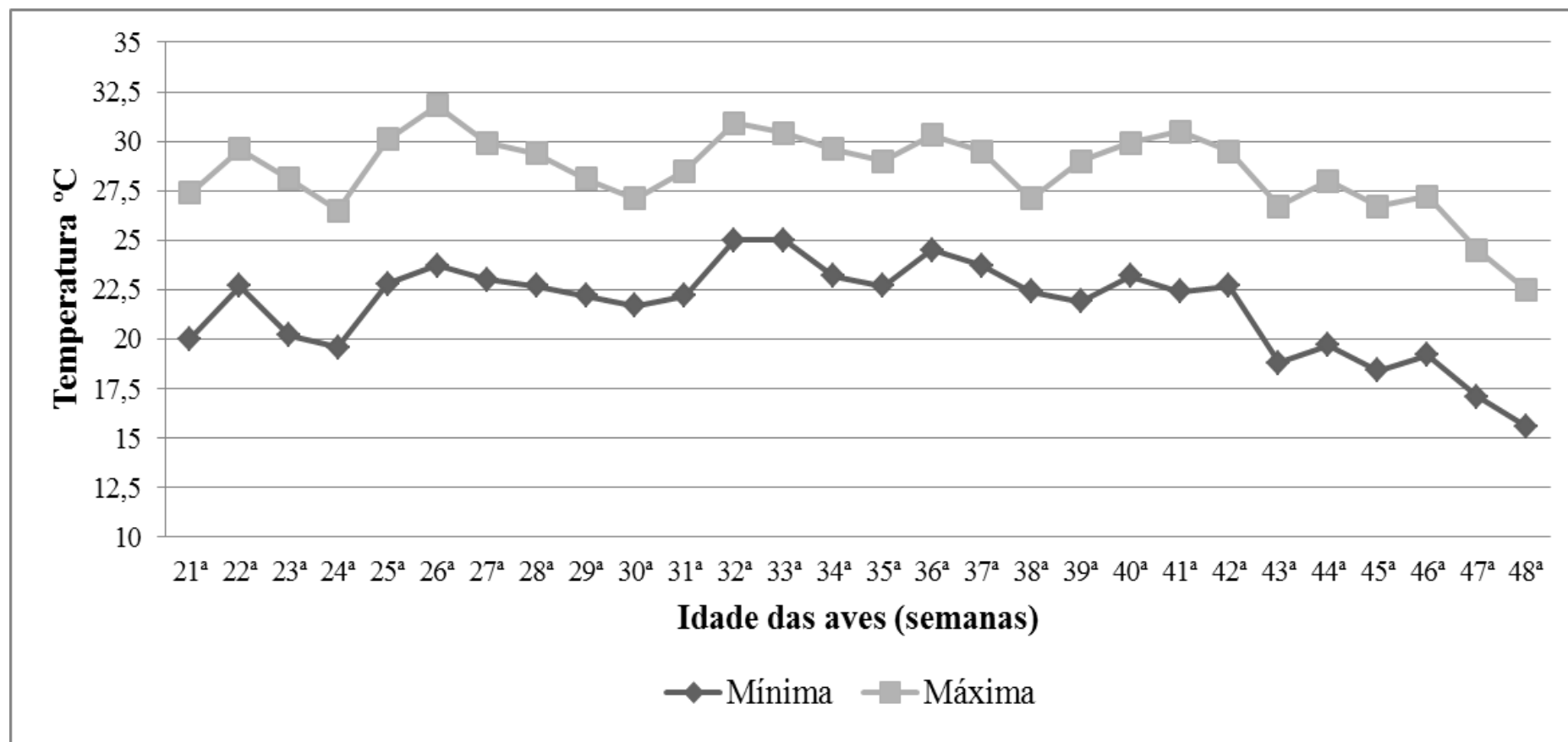
XAVIER, I. M. C. et al. Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 4, p. 953-959, 2008.

YONNY, M. E. et al. Development of a Novel, Sensitive, Selective, and Fast Methodology to Determine Malondialdehyde in Leaves of Melon Plants by Ultra-High-Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. **Journal of Analytical Methods in Chemistry**. 2017

ZHANG, L. C. et al. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. **Poultry Science**, v. 84, p. 1209-1213, 2005.

ZHAO, W. et al. Effect of carotenoids on the respiratory burst of rat peritoneal macrophages. **Biochimistry and Biophysics Acta General Subjects**. v. 1381, p. 77-88, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TEMPERATURA MÍNIMA E MÁXIMA MEDIDAS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL TOTAL

APÊNDICE B – PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS (%) DE OVOS NO INÍCIO DO PERÍODO EXPERIMENTAL

Perfil de ácidos graxos de ovos (inicial)				
Composição (%) ¹	Milho	Milho+CTX	Sorgo	Sorgo+CTX
Extrato Etéreo por Hidrólise Ácida	28,465	28,435	27,864	27,3820
Saturados				
Gorduras Saturadas	9,926	9,915	9,564	9,356
Ác. Capróico (C6:0)	0,003	0,001	0,000	0,001
Ác. Láurico (C12)	0,003	0,000	0,007	0,000
Ác. Mirístico (C14:0)	0,114	0,113	0,190	0,129
Ác. Pentadecanóico (C15:0)	0,008	0,010	0,014	0,012
Ác. Palmítico (C16:0)	7,503	7,468	7,259	7,145
Ác. Margárico (C17:0)	0,024	0,027	0,027	0,026
Ác. Esteárico (C18:0)	2,257	2,248	2,037	2,004
Ác. Butírico (C4)	0,000	0,002	0,000	0,000
Ác. Araquídico (C20:0)	0,000	0,013	0,017	0,020
Ác. Behênico (C22:0)	0,000	0,000	0,000	0,000
Ác. Lignocérico(C24:0)	0,011	0,024	0,011	0,018
Ác. Tricosanóico (C23:0)	0,000	0,000	0,000	0,000
Insaturados				
Gorduras Insaturadas	18,541	18,520	18,190	16,154
Ác. Miristoleico (C14:1)	0,037	0,024	0,037	0,042
Ác. Cis-Eicosenóico (C20:1)	0,042	0,044	0,032	0,039
Ác. Nervonico(C24:1)	0,001	0,002	0,000	0,001
Poliinsaturados				
Gorduras Poli-Insaturadas	4,351	4,481	4,745	4,543
Ác. Linoléico (C18:2n6c)	3,283	3,477	3,629	3,232
Ác. Gama Linolênico (C18:3n6)	0,018	0,012	0,018	0,021
Ác. Linolênico (C18:3n3)	0,092	0,074	0,100	0,083
Ác. cis- Eicosatrienóico (C20-3n3)	0,000	0,086	0,000	0,090
Ác. Cis-Eicosadienóico (C20:2)	0,020	0,014	0,086	0,012
Àc. Cis-Eicosatrienóico (C20:3n6)	0,030	0,024	0,014	0,024
Ác. Docosadienóico (C22:2n6)	0,000	0,000	0,022	0,000
Ác. Araquidônico (C20:4n6)	0,749	0,545	0,718	0,642
Ác. Cis-Docosahexaenóico DHA (C22:6n3)	0,192	0,180	0,172	0,175
Gorduras Trans	0,000	0,000	0,000	0,000
Monoinsaturados				
Gorduras Monoinsaturadas	14,191	12,840	13,447	13,493
Ác. Palmitoleico (C16:1)	1,303	1,240	1,257	1,154
Ác. Oléico (C18:1n9c)	12,769	12,700	12,105	12,217

¹ Laboratório CBO – Campinas;

Milho=dietas a base de milho; Sorgo= dietas a base de sorgo; CTX= cantaxantina.

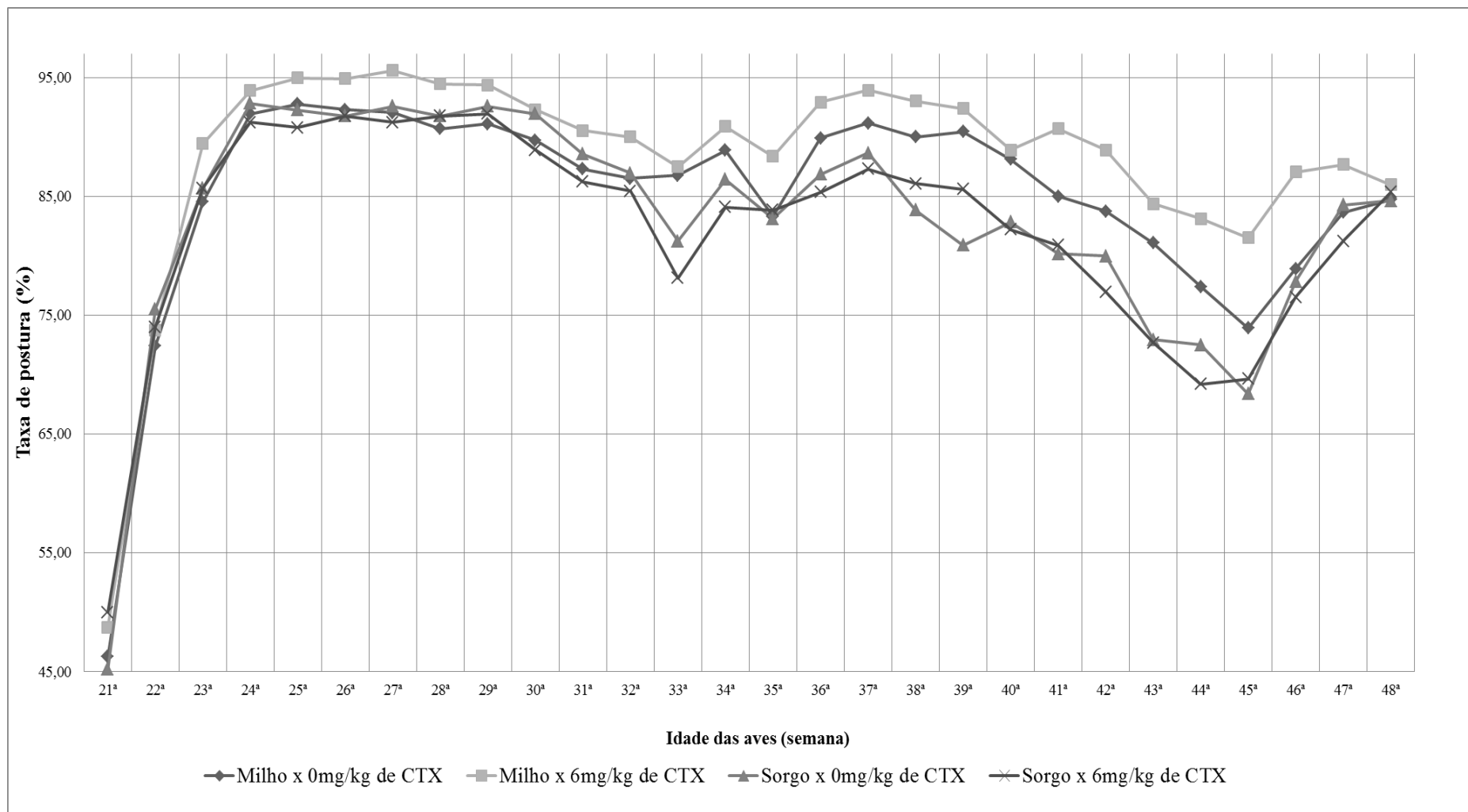
APÊNDICE C – PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS (%) DE OVOS NO FINAL DO PERÍODO EXPERIMENTAL

Perfil de ácidos graxos de ovos (final)				
Composição (%)¹	Milho	Milho+CTX	Sorgo	Sorgo+CTX
Extrato Etéreo por Hidrólise Ácida	32,390	31,610	32,710	30,830
Saturados				
Gorduras Saturadas	10,926	10,645	10,711	10,108
Ác. Caprótico (C6:0)	0,001	0,000	0,001	0,000
Ác. Láurico (C12)	0,004	0,000	0,001	0,000
Ác. Mirístico (C14:0)	0,217	0,114	0,116	0,105
Ác. Pentadecanóico (C15:0)	0,026	0,020	0,021	0,019
Ác. Palmítico (C16:0)	8,158	7,994	8,016	7,563
Ác. Margárico (C17:0)	0,088	0,083	0,092	0,087
Ác. Esteárico (C18:0)	2,403	2,421	2,451	2,317
Ác. Butírico (C4)	0,000	0,000	0,000	0,000
Ác. Araquídico (C20:0)	0,016	0,010	0,009	0,010
Ác. Behênico (C22:0)	0,000	0,001	0,000	0,000
Ác. Lignocérico(C24:0)	0,000	0,001	0,000	0,000
Ác. Tricosanóico (C23:0)	0,000	0,000	0,000	0,000
Insaturados				
Gorduras Insaturadas	21,466	20,965	21,802	18,283
Ác. Miristoleico (C14:1)	0,037	0,027	0,022	0,021
Ác. Cis-Eicosenóico (C20:1)	0,000	0,000	0,000	0,000
Ác. Nervonico(C24:1)	0,000	0,000	0,000	0,000
Poliinsaturados				
Gorduras Poli-Insaturadas	8,019	8,327	9,240	8,294
Ác. Linoléico (C18:2n6c)	5,943	6,093	6,677	6,109
Ác. Gama Linolênico (C18:3n6)	0,066	0,104	0,065	0,059
Ác. Linolênico (C18:3n3)	0,199	0,239	0,278	0,280
Ác. Cis- Eicosatrienóico (C20-3n3)	0,000	0,000	0,002	0,002
Ác. Cis-Eicosadienóico (C20:2)	0,054	0,076	0,057	0,054
Àc. Cis-Eicosatrienóico (C20:3n6)	0,084	0,129	0,075	0,073
Ác. Docosadienóico (C22:2n6)	0,000	0,000	0,000	0,000
Ác. Araquidônico (C20:4n6)	1,163	1,129	1,176	1,035
Ác. Cis-Docosahexaenóico DHA (C22:6n3)	0,509	0,537	0,780	0,671
Gorduras Trans	0,033	0,035	0,033	0,034
Monoinsaturados				
Gorduras Monoinsaturadas	12,945	13,142	12,562	12,123
Ác. Palmitoleico (C16:1)	0,936	1,042	0,815	0,790
Ác. Oléico (C18:1n9c)	11,882	11,920	11,634	11,224
Ác. Elaídico (C18:1n9t)	0,032	0,032	0,030	0,029

¹ Laboratório CBO – Campinas;

Milho=dietas a base de milho; Sorgo= dietas a base de sorgo; CTX= cantaxantina.

APENDICE D – TAXA DE POSTURA (%) SEMANAL DE POEDEIRAS ALIMENTADAS COM MILHO OU SORGO E SUPLEMENTADAS OU NÃO COM CANTAXANTINA (CTX) DURANTE TODO O PERÍODO EXPERIMENTAL (21ª A 48ª SEMANA DE IDADE)



APÊNDICE E – PESO DA CASCA (G) DE OVOS DE POEDEIRAS ALIMENTADAS COM MILHO OU SORGO, SUPLEMENTADAS OU NÃO COM CANTAXANTINA E, ARMAZENADO EM DUAS TEMPERATURAS (4ª OU 25°C) DURANTE A VIDA DE PRATELEIRA (DIAS)

(continua)

Idade (semana)	Peso da casca (g)																			
	24ª					32º					40ª					48ª				
Fator	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d	0d	07d	14d	21d	28d
ING																				
Milho (M)	5,42	5,46	5,55	5,36	5,45	5,47	5,23	5,22	5,26	5,21	5,52	5,88	5,84	5,90	5,77	6,16	6,15	6,22	6,16	6,22
Sorgo (S)	5,50	5,45	5,42	5,36	5,49	5,37	5,24	5,32	5,45	5,29	5,82	5,89	5,88	5,80	5,80	6,09	6,32	6,30	6,27	6,30
CTX (mg/kg)																				
0	5,48	5,46	5,48	5,38	5,46	5,46	5,21	5,25	5,37	5,28	5,65	5,82	5,83	5,88	5,77	6,11	6,22	6,25	6,22	6,24
6	5,45	5,46	5,49	5,33	5,47	5,38	5,25	5,30	5,34	5,22	5,70	5,96	5,90	5,82	5,79	6,14	6,25	6,27	6,20	6,27
T																				
Amb	5,46	5,48	5,49	5,39	5,43	5,42	5,26	5,27	5,36	5,23	5,67	5,91	5,82	5,88	5,76	6,13	6,21	6,31	6,21	6,22
Ref	5,46	5,43	5,48	5,32	5,51	5,42	5,20	5,27	5,36	5,27	5,67	5,86	5,91	5,82	5,81	6,13	6,26	6,21	6,22	6,30
ING*CTX																				
M x 0	5,51	5,49	5,53	5,45	5,42	5,43	5,22	5,20	5,24	5,22	5,54	5,85	5,81	5,91	5,76	6,07b	6,05b	6,23	6,14	6,16
M x 6	5,34	5,43	5,57	5,26	5,49	5,52	5,24	5,25	5,28	5,20	5,51	5,91	5,87	5,88	5,77	6,23ª	6,25ab	6,21	6,17	6,28
S x 0	5,45	5,43	5,43	5,31	5,51	5,49	5,20	5,30	5,50	5,34	5,75	5,78	5,84	5,85	5,78	6,14b	6,40ª	6,27	6,30	6,32
S x 6	5,56	5,48	5,40	5,41	5,46	5,25	5,27	5,35	5,40	5,24	5,89	6,01	5,92	5,76	5,82	6,04b	6,25ab	6,33	6,24	6,27
ING*T																				
M x Amb	5,42	5,54	5,50	5,36	5,48	5,47	5,24	5,27	5,25	5,20	5,52	5,90	5,81	5,96	5,77	6,16	6,08	6,24	6,10	6,21
M x Ref	5,42	5,39	5,60	5,36	5,48	5,47	5,23	5,18	5,27	5,22	5,52	5,86	5,87	5,84	5,76	6,18	6,21	6,20	6,21	6,23
S x Amb	5,50	5,43	5,47	5,43	5,43	5,37	5,29	5,27	5,46	5,26	5,82	5,92	5,82	5,80	5,74	6,09	6,33	6,39	6,31	6,23
S x R	5,50	5,47	5,36	5,29	5,54	5,37	5,18	5,37	5,44	5,32	5,82	5,87	5,94	5,81	5,86	6,09	6,31	6,22	6,23	6,36
CTX*T																				
0 x Amb	5,48	5,50	5,49	5,41	5,41	5,46	5,24	5,23	5,40	5,27	5,65	5,89	5,74	5,95	5,81	6,11	6,23	6,27	6,18	6,25
0 x Ref	5,48	5,42	5,48	5,36	5,52	5,46	5,19	5,26	5,35	5,28	5,65	5,74	5,91	5,81	5,73	6,11	6,21	6,24	6,25	6,23
6 x Amb	5,45	5,47	5,49	5,38	5,44	5,38	5,28	5,31	5,32	5,19	5,70	5,93	5,89	5,81	5,70	6,14	6,18	6,36	6,23	6,18
6 x Ref	5,45	5,44	5,49	5,29	5,51	5,38	5,22	5,29	5,37	5,25	5,70	5,99	5,90	5,83	5,89	6,14	6,31	6,18	6,18	6,36
ING*CTX*T																				
M x 0 x Amb	5,51	5,61	5,53	5,40	5,41	5,43	5,18	5,20	5,30	5,21	5,54	5,85ab	5,78	6,01	5,83	6,09	6,04	6,23	6,03	6,24
M x 0 x Ref	5,51	5,38	5,54	5,51	5,43	5,43	5,27	5,20	5,19	5,23	5,54	5,85ab	5,84	5,81	5,69	6,09	6,06	6,24	6,24	6,08
M x 6 x Amb	5,34	5,47	5,48	5,32	5,43	5,52	5,29	5,33	5,21	5,20	5,51	5,95ab	5,85	5,91	5,70	6,23	6,14	6,25	6,18	6,17
M x 0 x Ref	5,34	5,40	5,66	5,21	5,54	5,52	5,19	5,16	5,36	5,20	5,51	5,87ab	5,90	5,86	5,84	6,23	6,35	6,16	6,17	6,38
S x 0 x Amb	5,45	5,39	5,45	5,41	5,41	5,49	5,30	5,27	5,49	5,33	5,75	5,93ab	5,71	5,88	5,79	6,14	6,43	6,31	6,33	6,26
S x 0 x Ref	5,45	5,46	5,42	5,21	5,61	5,49	5,11	5,33	5,51	5,34	5,75	5,63b	5,98	5,82	5,78	6,14	6,36	6,24	6,26	6,38
S x 6 x Amb	5,56	5,47	5,50	5,45	5,46	5,25	5,28	5,28	5,44	5,18	5,89	5,90ab	5,94	5,71	5,70	6,04	6,23	6,47	6,28	6,19
S x 6 x Ref	5,56	5,49	5,31	5,37	5,47	5,25	5,26	5,41	5,37	5,30	5,89	6,11ª	5,90	5,80	5,93	6,04	6,27	6,20	6,19	6,35

(conclusão)

Fonte de variação		Valor de P																		
ING	0,2940	0,875	0,510	0,989	0,571	0,287	0,975	0,149	0,005	0,295	0,000	0,577	0,237	0,625	0,257	0,246	0,101	0,307		
		9	0	2	5	9	1	2	6	2	1	0,8824	4	3	1	6	0,0093	1	8	8
CTX	0,6755	0,958	0,959	0,595	0,879	0,460	0,677	0,476	0,670	0,450	0,415	0,322	0,454	0,770	0,678	0,828	0,842	0,696		
		5	0	3	9	5	5	2	4	9	9	0,0360	6	8	3	8	0,6949	8	0	2
T	1,0000	0,436	0,929	0,462	0,186	1,000	0,539	0,932	0,969	0,603	1,000	0,204	0,481	0,450	1,000	0,140	0,865	0,280		
		0	7	0	5	0	8	9	7	2	0	0,5064	9	6	3	0	0,4402	2	6	2
ING*CTX	0,0899	0,402	0,622	0,130	0,374	0,107	0,814	0,997	0,302	0,617	0,166	0,942	0,681	0,879	0,035	0,562	0,464	0,260		
		0	6	3	1	8	9	1	8	2	8	0,2276	3	7	8	0	0,0099	9	0	0
ING*T	1,0000	0,167	0,132	0,433	0,751	1,000	0,614	0,184	0,732	0,739	1,000	0,638	0,390	0,425	1,000	0,354	0,167	0,431		
		3	9	2	2	0	1	3	3	7	0	0,9411	0	1	5	0	0,3143	8	9	7
CTX*T	1,0000	0,704	0,941	0,793	0,745	1,000	0,979	0,722	0,489	0,744	1,000	0,228	0,319	0,068	1,000	0,313	0,382	0,178		
		7	4	5	5	0	2	7	6	8	0	0,1070	7	2	9	0	0,2505	3	0	6
ING*CTX*T	1,0000	0,410	0,213	0,358	0,288	1,000	0,334	0,403	0,185	0,655	1,000	0,292	0,982	0,929	1,000	0,743	0,477	0,268		
		4	8	8	8	0	8	1	9	5	0	0,0313	1	5	9	0	0,7927	0	9	5
Média	5,46	5,46	5,48	5,36	5,47	5,42	5,23	5,27	5,36	5,25	5,67	5,89	5,86	5,85	5,78	6,13	6,23	6,26	6,21	6,26
Erro Padrão	0,35	0,30	0,30	0,41	0,29	0,45	0,43	0,30	0,29	0,33	0,27	0,30	0,31	0,35	0,32	0,25	0,29	0,32	0,30	0,33

p = não significativo acima de 5%; d = dias de armazenagem; ING = ingrediente; M = milho; S = Sorgo; CTX = cantaxantina; T = temperatura; Amb = Ambiente (25°); Ref = Refrigerado (4%)

APÊNDICE F – COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO GRÃO DE MILHO E SORGO

Ingrediente ¹	Milho	Sorgo
Umidade (%)	11,83	12,01
Matéria Seca (%)	88,17	87,99
Proteína Bruta (%)	7,39	8,04
Energia Bruta (kcal/kg)	4447	4435
Extrato Etéreo (%)	5,28	2,79
Matéria Mineral (%)	1,34	1,47
Calcio (%)	0,004	0,004
Fósforo disponível (%)	0,25	0,27
Luteína (mg/kg)	5,06	0,54
Zeaxantina (mg/kg)	10,06	0,32
Cantaxantina (mg/kg)	0	0

¹ Analisado LABRUMEN/UFSM: Umidade (%), Matéria Seca (%), Proténa Bruta (%), Energia Bruta (kcal/kg), Extrato Etéreo (%), Matéria Mineral (%), Cálcio (%) e Fósforo disponível (%)) e analisado Laboratório da empresa DSM Nutritional Products Ltd- Switzerland: Luteína (mg/kg), Zeaxantina (mg/kg) e Cantaxantina (mg/kg).