



UDESC

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE - CEO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Modelagem matemática da qualidade de ovos em função do tempo, temperatura e umidade relativa de armazenamento.

LUCIANO HEUSSER MALFATTI

PINHALZINHO, 2020

LUCIANO HEUSSER MALFATTI

**Modelagem matemática da qualidade de ovos em função do tempo,
temperatura e umidade relativa de armazenamento.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Marcel Manente Boiago

Coorientador: Prof. Dr. Weber da Silva Robazza

PINHALZINHO, 2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Malfatti, Luciano Heusser

Modelagem matemática da qualidade de ovos em função do tempo, temperatura e umidade relativa de armazenamento. / Luciano Heusser Malfatti. -- 2020.
48 p.

Orientador: Marcel Manente Boiago

Coorientador: Weber da Silva Robazza

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Chapecó, 2020.

1. Modelos matemáticos. 2. Qualidade de ovos. 3. Unidade Haugh. 4. Índice Gema. 5. Albumen. 6. Gema. 7. Cor da Gema. 8. Gravidade Específica de Ovos. I. Boiago, Marcel Manente. II. Robazza, Weber da Silva. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

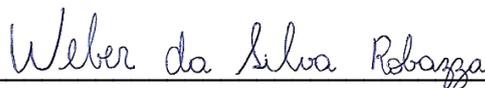
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE - CEO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**Modelagem matemática da qualidade de ovos em função do tempo,
temperatura e umidade relativa de armazenamento.**

Elaborador por
Luciano Heusser Malfatti

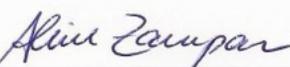
Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Comissão Examinadora:

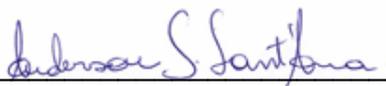


Prof. Dr. Weber da Silva Robazza

Coorientador



Prof. Dra. Aline Zampar – UDESC/CEO



Prof. Dr. Anderson de Souza Sant'Ana - UNICAMP

Pinhalzinho, 22 de julho de 2020

AGRADECIMENTOS

A Deus, grande arquiteto do Universo, pela proteção nessas centenas de quilômetros percorridos e pelas superações de todas as dificuldades.

À minha família: meu irmão Gerhard Heusser Malfatti, que enfrentou sozinho horas de espera em um hospital; minha mãe, Guilda Elizabeth Heusser Malfatti, que me “obrigou” a fazer a prova para o mestrado enquanto estava numa sala cirúrgica; meu pai, Juarez Malfatti (*in memoriam*), que sempre me incentivou a estudar; à minha esposa, Aline Luiza Rosa, pelo apoio inquestionável e auxílio nas horas difíceis.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marcel Manente Boiago, e ao coorientador, Professor Dr. Weber da Silva Robazza, pela atenção despendida nas orientações.

A Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) pela oportunidade do mestrado.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina e servidores, pelo uso do laboratório e equipamentos.

À banca, pelas considerações e contribuições.

A todos que, de alguma forma, estiveram presentes durante este trabalho.

RESUMO

O ovo sofre alterações físico-químicas desde o momento de sua postura até chegar à mesa do consumidor ou à industrialização. Os principais fatores para essas alterações são a temperatura e umidade relativa, além do tempo de armazenamento. Estudos demonstram que condições controladas de temperatura e umidade são benéficas para manter a qualidade dos ovos por período prolongado, porém não se sabe o quanto cada um desses fatores interfere ou interagem sobre a qualidade interna dos ovos. O objetivo da presente pesquisa foi desenvolver uma modelagem matemática capaz de prever a qualidade dos ovos em função da temperatura, umidade relativa e tempo de armazenamento. Foram utilizados 432 ovos marrons frescos, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3x3, com controle de temperatura e umidade, durante 7, 14 e 21 dias de armazenamento, onde avaliou-se as variáveis unidade Haugh, gravidade específica, perda de peso durante armazenamento, coloração da gema pelo leque DSM, pH do albúmen e porcentagens de casca, de albúmen e de gema. Após ajustes dos dados experimentais, observou-se que a temperatura foi a variável de maior interferência na qualidade dos ovos, com exceção da porcentagem de perda de peso, na qual a umidade apresentou maior impacto, além da gravidade específica e da porcentagem de casca que não foram influenciadas pelas variáveis explicativas. O modelo polinomial de segunda ordem forneceu previsões confiáveis para quase todas as propriedades, servindo para avaliar a qualidade dos ovos, demonstrando ainda ser instrumento útil para a indústria de ovos que demanda manter sua matéria-prima acondicionada por determinado período até o seu processamento.

Palavras-chave: Modelos matemáticos. Qualidade de ovos. Unidade Haugh. Índice Gema. Albumen. Gema. Cor da Gema. Gravidade Específica de Ovos.

ABSTRACT

The egg undergoes physical-chemical changes from the moment of its laying until reaching the consumer's table or industrialization. The main factors for these changes are the temperature and relative humidity, in addition to the storage time. Studies show that controlled temperature and humidity conditions are beneficial for maintaining the quality of eggs for an extended period, but it is not known how much each of these factors interferes or interacts with the internal quality of eggs. The objective of this research was to develop a mathematical modeling capable of predicting egg quality as a function of temperature, relative humidity and storage time. 432 fresh brown eggs were used, distributed in a completely randomized design in a 3x3x3 factorial scheme, with temperature and humidity control, during 7, 14 and 21 days of storage, where the variables Haugh unit, specific gravity, weight loss were evaluated during storage, yolk coloration by the DSM fan, albumen pH and percentages of shell, albumen and yolk. After adjusting the experimental data, it was observed that temperature was the variable of greatest interference in egg quality, with the exception of the percentage of weight loss, in which humidity had the greatest impact, in addition to the specific gravity and percentage of shell that were not influenced by the explanatory variables. The second order polynomial model provided reliable predictions for almost all properties, serving to assess the quality of the eggs, demonstrating still to be a useful tool for the egg industry that demands to keep its raw material conditioned for a certain period until its processing.

Keywords: Mathematical models. Egg quality. Haugh Unit. Yolk Index. Albumen. Yolk. Yolk Color. Egg Specific Gravity.

Sumário

1	CAPÍTULO 1	9
1.1	Introdução	9
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivo geral	10
1.2.2	Objetivos específicos	10
1.3	SINTESE BIBLIOGRAFICA	11
1.3.1	Estrutura do ovo	12
1.3.1.1	Casca	12
1.3.1.2	Membranas da casca	12
1.3.1.3	Albúmen	12
1.3.1.4	Gema	13
1.3.2	Alterações durante o armazenamento dos ovos	14
2	CAPÍTULO 2	17
2.1	INTRODUÇÃO	17
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS	18
2.2.1	Planejamento experimental	18
2.2.2	Determinação da Unidade Haugh (UH):	20
2.2.3	Gravidade Específica	20
2.2.4	Perda de peso (%)	20
2.2.5	Índice Gema	21
2.2.6	Cor da Gema	21
2.2.7	pH do Albúmen	21
2.2.8	Percentagem de casca, albúmen e gema	22
2.2.9	Modelagem Matemática	22
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
2.3.1	Unidade Haugh	26
2.3.2	Gravidade Específica	28
2.3.3	Percentagem de Perda de Peso	31
2.3.4	Índice Gema	33
2.3.5	Cor da Gema	35
2.3.6	pH do Albúmen	37
2.3.7	Percentagem de Casca	39
2.3.8	Percentagem de Gema	41
2.3.9	Percentagem de Albúmen	43
2.4	Conclusão	45
3	REFERÊNCIAS	46

1 CAPÍTULO 1

No Capítulo 1 foram descritos os principais pontos que afetam a qualidade interna dos ovos.

1.1 Introdução

Segundo a Portaria nº 1, de 21 de fevereiro de 1990 a denominação “ovo” entende-se o ovo de galinha em casca, sendo os demais denominados de acordo com a espécie de que procedem (BRASIL, 1990).

A produção brasileira de ovos em 2019 ficou pouco acima de 49 bilhões de unidades, sendo que 99,59% foram destinadas para o mercado interno e apenas 0,41% para exportações. Dos ovos exportados, 62% foram *in natura* e 38% de forma industrializada, gerando uma receita de US\$10.631mil (ABPA, 2020).

O ovo possui grande valor nutritivo, sendo considerado um dos alimentos mais completos, sob a ótica nutricional, utilizado pelos humanos, pois fornece nutrientes essenciais como as proteínas, minerais, vitaminas e ácidos graxos e ainda apresenta baixo custo, permitindo o seu consumo pela população de baixa renda. As proteínas presentes nos ovos são consideradas de excelente valor biológico, uma vez que fornecem aminoácidos em quantidades suficientes para manutenção e para o desenvolvimento do organismo humano, sendo também, importantes fontes de vitaminas lipossolúveis (Henriques, Rodrigues e Uczay, 2018; Kraemer *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2015).

O ovo é perecível, assim como todos os produtos de origem animal, tendo sua qualidade alterada pela temperatura e umidade relativa durante o armazenamento (Henriques, Rodrigues e Uczay, 2018).

Para que a população desfrute dos benefícios dos ovos que chegam à sua mesa, é necessário manter a qualidade interna do produto, desde a classificação até a sua comercialização ou industrialização. O armazenamento incorreto dos ovos não minimiza a contaminação interna e proporciona queda de qualidade interna, como por exemplo, a redução de propriedades emulsificantes, de viscosidade, de geleificação, espumantes e de solubilidade, o que interfere

na preparação dos alimentos e prejudica a qualidade final do produto. Dessa forma, os fabricantes de produtos oriundos dos ovos podem ser prejudicados em relação a esse aspecto, pois a falta de conservação desse produto não permite uma melhor separação dos seus componentes internos, especialmente o albúmen (Fernandes *et al.*, 2015).

Sabe-se que os fatores que interferem diretamente na perda de qualidade dos ovos durante o armazenamento são a temperatura e a umidade, entretanto, o quanto cada um desses fatores contribui para tal ainda é algo desconhecido, o que gera a necessidade de investigação.

Nesse contexto, o presente estudo visa fornecer um entendimento quantitativo da influência da temperatura, umidade e tempo de armazenamento sobre atributos de qualidade dos ovos. Dessa forma, espera-se que sejam obtidos resultados que contribuam para um melhor entendimento de como esses atributos afetam a vida útil do produto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Prever, através da modelagem matemática, como a temperatura, umidade relativa do ar e o tempo de armazenamento interferem na qualidade interna de ovos de galinha.

1.2.2 Objetivos específicos

- Formular equações matemáticas que descrevem a qualidade de ovos em função do tempo, temperatura e umidade relativa de armazenamento;
- Predizer como o tempo de armazenamento influencia na qualidade interna de ovos;
- Predizer como a temperatura de armazenamento influencia na qualidade interna de ovos;
- Predizer como a umidade relativa de armazenamento influencia na qualidade interna de ovos.

1.3 SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA

Os produtos de origem avícola são essenciais para a manutenção de uma dieta saudável, sendo o ovo um alimento de destaque entre eles. Versátil e nutritivo, o ovo possui substâncias essenciais para a saúde tais como colina, selênio, vitaminas A, B, B12, D e E, ácido fólico, ferro e Zinco. O ovo é um alimento de baixo teor calórico, sendo que cada unidade possui apenas 70 calorias, com isso, pode ser incluído tanto em dietas para perda de peso, quanto em dietas para ganho muscular, uma vez que é um alimento rico em proteínas. Os nutrientes encontrados no ovo, especialmente a colina, ainda contribuem para o bom funcionamento do cérebro, tanto que seu consumo é liberado pela Associação Americana de Cardiologista sem qualquer restrição de quantidade (ABPA, 2018).

Os ovos de galinha (*Gallus domesticus*) têm peso médio de 58 gramas e são constituídos por 8% a 11% de casca, 56% a 61% de clara e 27% a 32% de gema, sendo utilizados quase que exclusivamente para o consumo humano, uma vez que o conteúdo líquido completo é uma excelente fonte de nutrientes (Ordoñez, 2005).

O ovo é perecível, e sua qualidade é alterada pela temperatura e umidade relativa durante o armazenamento (Henriques et al., 2008). Más condições de armazenamento podem resultar na deterioração da qualidade do ovo e na perda e desperdício dos produtos, por isso é importante que se preste atenção aos problemas de preservação e de comercialização, visando manter ao máximo sua qualidade original até que ele chegue ao consumidor (Dudusola, 2009; Silva et al., 2015).

As condições de armazenamento podem ser controladas pelo manejo da temperatura e da umidade relativa do ambiente. Estudos afirmam que o armazenamento, em temperaturas de refrigeração e umidade relativa entre 70% e 90%, é benéfico à manutenção da qualidade e ao prolongamento da vida de prateleira de ovos *in natura*. A refrigeração retarda a perda de frescor dos ovos (Koblitz, 2011; Mathew et al., 2016).

1.3.1 Estrutura do ovo

1.3.1.1 Casca

A casca é formada por uma matriz de fibras entrelaçadas de natureza proteica e cristais de carbonato de cálcio. Sua superfície é coberta por uma cutícula de natureza proteica. A matriz tem grande influência na resistência da casca; é formada por complexos proteína-mucopolissacarídeos e possui duas zonas: matriz esponjosa e protuberâncias mamilares. Rica em elementos minerais, sobretudo carbonato de cálcio (98,2%), magnésio (0,9%) e fósforo (0,9%) em forma de fosfato. É perpassada por numerosos poros em forma de funil (7000 a 17000 poros por ovo), que formam ductos que conectam as membranas da casca e a cutícula. Entre a superfície interna da casca e a clara existem duas membranas constituídas de fibras de proteína-polissacarídeo (Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005).

1.3.1.2 Membranas da casca

Entre a superfície interna da casca e a clara existem duas membranas constituídas de fibras de proteína-polissacarídeo. A membrana externa está fortemente unida à casca por numerosos cones da sua superfície interior e por associação de fibras orientadas em várias direções. Os núcleos das protuberâncias mamilares penetram nessa membrana. A membrana interna é formada por três camadas paralelas à casca. As duas membranas formam um ângulo reto entre si (Ordoñez, 2005).

1.3.1.3 Albúmen

O albúmen do ovo, também conhecido como clara do ovo, basicamente uma solução de proteínas de natureza viscosa. Na clara, a ovoalbumina é a proteína predominante. Durante o armazenamento dos ovos, a ovoalbumina converte-se em S-ovoalbumina, proteína mais termoestável devido a um intercâmbio sulfidrílica-dissulfeto. Essa proteína desnatura-se com relativa facilidade nas interfaces após a agitação ou batidura em solução aquosa. Há

também a ovomucina, uma glicoproteína que contribui para a estrutura gelatinosa da camada grossa da clara. É uma proteína termoestável. A viscosidade da clara é determinada pela formação de um complexo insolúvel entre a ovomucina e a lisozima. Esse complexo tende a se desestabilizar e perder sua viscosidade quando o pH do meio se alcaliniza. Por isso, a viscosidade da clara é considerada o principal atributo de qualidade do ovo, sendo um indicador do seu frescor (Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005).

O conteúdo lipídico (0,03%) é muito baixo, sobretudo se comparado ao da gema. Os carboidratos (0,8%) aparecem tanto unidos às proteínas como em estado livre; o componente majoritário é a glicose, seguida de D-manose, D-galactose, glicosamina, ácido siálico e galactosamina. O conteúdo de minerais situa-se em torno de 0,5% e não costuma apresentar muitas variações; o potássio e o sódio são os cátions mais abundantes. As vitaminas encontram-se em quantidade muito baixa. A clara é constituída de quatro camadas distintas: externa fluida (fina), densa (grossa), interna fluida (fina) e as chalazas (cordões de sustentações da gema), que constituem, respectivamente, cerca de 23, 58, 17 e 3% da clara (Ordoñez, 2005).

1.3.1.4 Gema

A gema do ovo é uma emulsão de gordura em água com extrato seco em torno de 50%, constituído por um terço de proteínas e dois terços de lipídeos. A gema pode ser considerada uma dispersão que contém diversas partículas distribuídas uniformemente em solução proteica denominada livetina ou plasma (Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005).

O plasma representa cerca de 78% da gema e contém 49% de água. Em termos de extrato seco, 77 a 81% são lipídeos, 18% proteína e 2% cinzas (Ordoñez, 2005).

As partículas podem ser classificadas em dois grupos:

1) Gotículas de gema de tamanho compreendido entre 20 e 40 μm de diâmetro de aspecto semelhante aos glóbulos de gordura. São constituídas essencialmente de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), e algumas delas apresentam membrana proteica. Há três tipos: esferas de membrana grossa, fina e superfícies desnudas, que são as mais abundantes.

2) Grânulos. No microscópio eletrônico são observados como estruturas densas, com diâmetro de 1 a 1,3 μm , bem menores e mais abundantes que as gotículas de gema e de tamanho mais uniforme. Os grânulos representam de 20 a 23% dos sólidos totais da gema e, em termos de extrato seco, contêm 34% de lipídeos, 60% de proteína e 6% de cinzas (Ordoñez, 2005).

Quando é centrifugada, a gema separa-se em seus dois componentes: os grânulos (sedimento) e um sobrenadante transparente (plasma). Por adição de sal comum, os grânulos se separam em uma fração lipoprotéica de baixa densidade (LDL dos grânulos) e no complexo lipovitelina-fosvitina. O plasma, após a adição de sal comum, separa-se em uma fração lipoprotéica de mais baixa densidade (LDL, lipovitelina) e na fração livetina hidrossolúvel (Ordoñez, 2005).

1.3.2 Alterações durante o armazenamento dos ovos

A qualidade dos ovos pode ser afetada pelas condições ambientais tais como temperatura e umidade de armazenamento, bem como o meio ambiente gasoso em que se encontram e o tempo de armazenamento. O armazenamento pode modificar algumas características do ovo incluindo a perda de água, dióxido de carbono, o que gera um aumento subsequente do pH do albúmen e da gema (Singh *et al.*, 2014).

Durante o armazenamento dos ovos, inicia-se a perda do dióxido de carbono (CO_2) e da água presente no interior do ovo, sendo que as condições ambientais em que o ovo se encontra armazenado, como temperatura e umidade são relevantes nesse processo. Devido à perda de dióxido de carbono, a clara sofre aumento de pH de valores de 7,6 a 9,3 em apenas 72 horas, mesmo em temperaturas de refrigeração. A alcalinização da clara é um processo irreversível, que inicia imediatamente após a postura, uma vez que o gás carbônico liberado se dissipa para o ambiente através dos poros da casca. Esse aumento de pH provoca ruptura da estrutura de gel característica da camada densa da clara, e, por isso, perde-se um dos atributos de qualidade do ovo: a consistência ou viscosidade da clara (Henriques, Rodrigues e Uczay, 2018; Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005).

O valor do pH do albúmen depende do equilíbrio entre CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-} e das proteínas. A concentração dos íons HCO_3^- e CO_3^{2-} está regulada pela pressão parcial de CO_2 no ambiente externo. O aumento do pH origina uma ruptura da estrutura de gel do albúmen denso, pela dissociação química do complexo proteico, levando-o à liquefação. Com a viscosidade reduzida, a clara perde a capacidade de sustentar gema. A gema passa a absorver água da clara, perdendo sua forma esférica, tornando-se mais frágil e pode romper-se quando o ovo é quebrado (Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005; Xavier *et al.*, 2008).

A evaporação da água do ovo provoca perda do volume líquido e, conseqüentemente, aumento da câmara de ar. Ovos armazenados têm características funcionais piores do que ovos frescos. Quanto maiores forem as alterações do ovo ao longo do armazenamento, piores serão suas propriedades funcionais, nutricionais e organolépticas (Koblitz, 2011; Singh *et al.*, 2014).

A qualidade do albúmen, que é uma medida padrão da qualidade do ovo, é influenciada por fatores externos tais como temperatura, tempo e umidade de armazenamento. Durante o armazenamento dos ovos, o pH do albúmen aumenta a uma velocidade dependente da temperatura, devido à perda de dióxido de carbono através dos poros da casca. A perda do gás carbônico através da casca do ovo é a principal causa da deterioração do albúmen (Mathew *et al.*, 2016; Xavier *et al.*, 2008).

1.3.2.1 Efeito da temperatura

A consistência viscosa da clara é determinada pela formação de um complexo insolúvel entre a ovomucina e a lisozima, cuja estabilidade depende do pH. Assim, essa ligação torna-se mais instável à medida que o meio se alcaliniza. Por isso, a viscosidade da clara é considerada o principal atributo de qualidade do ovo, sendo um indicador do seu frescor (Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005). A alcalinização da clara é um processo irreversível, uma vez que o gás carbônico liberado se dissipa para o ambiente através dos poros da casca (Henriques, Rodrigues e Uczay, 2018; Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005; Singh *et al.*, 2014).

O valor do pH do albúmen depende do equilíbrio entre CO_2 , HCO_3^- e CO_3^{2-} e das proteínas. A concentração dos íons HCO_3^- e CO_3^{2-} está regulada pela pressão parcial de CO_2 no ambiente externo. O aumento do pH origina uma

ruptura da estrutura de gel do albúmen denso, pela dissociação química do complexo proteico, levando à sua liquefação (Xavier *et al.*, 2008).

Em ovos frescos o pH normal (em torno de 7,5 a 7,6) é mantido pela presença do ácido carbônico que se encontra dissolvido na clara. Logo após a postura, parte desse ácido passa a se dissociar em gás carbônico e água, devido a ação enzimática da anidrase carbônica, favorecendo a alcalinização do pH da clara (Mueller, Machado e Pinheiro, 2017).

Durante o armazenamento dos ovos, o pH do albúmen aumenta a uma velocidade dependente da temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura mais rápida é a velocidade de reação, e este aumento deve-se à perda de dióxido de carbono através dos poros da casca. A perda do gás carbônico através da casca do ovo é a principal causa da deterioração do albúmen (Mathew *et al.*, 2016; Xavier *et al.*, 2008).

1.3.2.2 Efeito da umidade

Durante o armazenamento, a água atravessa os poros da casca movendo-se sempre do ponto mais úmido, que normalmente é o interior do ovo, para o ponto mais seco, o ambiente, no que é chamado de pressão de vapor de equilíbrio. Por essa razão, a umidade em volta dos ovos deve ser controlada. Essa capacidade está relacionada diretamente com o número e as dimensões dos poros e com a espessura ou resistência da casca, além de se relacionar também com as condições ambientais. Quando a umidade relativa do ar durante o armazenamento for muito baixa, haverá perda excessiva de umidade (Barbosa *et al.*, 2008)

2 CAPÍTULO 2

Modelagem matemática da qualidade de ovos em função do tempo, temperatura e umidade relativa de armazenamento.

Os resultados desta dissertação são apresentados a seguir na forma de manuscrito.

2.1 INTRODUÇÃO

Desde o momento da postura dos ovos, bem como durante o seu armazenamento, até chegar à mesa do consumidor ou ao processo de industrialização, componentes da gema e do albúmen sofrem alterações físico-químicas que afetam negativamente a qualidade dos ovos. As principais variáveis associadas à deterioração da qualidade interna dos ovos são a temperatura, umidade relativa e o tempo de armazenamento. Quanto maior o tempo de armazenamento, menor será a sua qualidade, pois o deslocamento de dióxido de carbono (CO₂) por meio dos poros da casca é auxiliado pelas condições de armazenamento (Dong *et al.*, 2017; Feddern *et al.*, 2017; Yildirim, 2017).

Os fatores temperatura, umidade relativa e tempo de armazenamento contribuem para a degradação dos ovos, reduzindo seu valor nutricional e seu frescor em uma relação logarítmica. Essas mudanças incluem a liquefação do albúmen, o enfraquecimento da membrana vitelina e aumento do teor de água da gema. A altura do albúmen é máxima no momento da postura e vai diminuindo conforme o tempo de postura do ovo vai passando. (Coronel-Reyes *et al.*, 2018; Silversides e Scott, 2001).

As condições de armazenamento podem ser controladas pelo manejo da temperatura e da umidade relativa do ambiente. Estudos afirmam que o armazenamento, em temperaturas de refrigeração e umidade relativa entre 70% e 90%, é benéfico à manutenção da qualidade e ao prolongamento da vida de prateleira de ovos *in natura*. A refrigeração retarda a reação química de dissociação do ácido carbônico, que leva à perda de frescor dos ovos (Koblitz, 2011; Mathew *et al.*, 2016).

Diversos trabalhos relatam os efeitos da temperatura e da umidade sobre a qualidade interna dos ovos armazenados (Barbosa *et al.*, 2008; Dong *et al.*, 2017; Feddern *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2012; Mathew *et al.*, 2016; Xavier *et al.*, 2008; Yildirim, 2017), porém não existem dados científicos que quantifiquem a contribuição de cada um desses fatores para a perda de qualidade dos ovos

Em razão disso, o objetivo da presente pesquisa foi desenvolver uma modelagem matemática capaz de prever a qualidade dos ovos em função da temperatura, umidade relativa e tempo de armazenamento.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados 432 ovos marrons frescos, adquiridos em uma granja comercial e oriundos de galinhas do mesmo lote, os quais foram coletados em 5 ocasiões diferentes com 21 dias entre cada coleta. Eles foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3x3 (3 períodos de armazenamento X 3 temperaturas X 3 umidades) com quatro repetições de 4 ovos cada, acondicionados em bandejas de celulose. Foram utilizadas incubadoras BOD da marca LUCADEMA (modelo LUCA-161/04) com controle de Temperatura e umidade escolhidos aleatoriamente, que proporcionou umidades de 45, 65 e 85% e temperaturas de 5, 15 e 25°C durante armazenamentos por 7, 14 e 21 dias.

As variáveis analisadas foram unidade Haugh, gravidade específica, perda de peso durante armazenamento (%), coloração da gema pelo leque DSM, pH do albúmen e porcentagens de casca, albúmen e gema. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Alimentos do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Canoinhas.

2.2.1 Planejamento experimental

O planejamento experimental foi baseado em um esquema fatorial composto por 27 tratamentos, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Níveis codificados das variáveis utilizadas no presente estudo.

NIVEIS CODIFICADOS	TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE (%UR)
-1	7	5	45
0	14	15	65
1	21	25	85

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Tabela 2. Planejamento experimental utilizado.

TRATAMENTOS	TEMPO (dias)	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE (%UR)
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	0
3	-1	-1	1
4	-1	0	-1
5	-1	0	0
6	-1	0	1
7	-1	1	-1
8	-1	1	0
9	-1	1	1
10	0	-1	-1
11	0	-1	0
12	0	-1	1
13	0	0	-1
14	0	0	0
15	0	0	1
16	0	1	-1
17	0	1	0
18	0	1	1
19	1	-1	-1
20	1	-1	0
21	1	-1	1
22	1	0	-1
23	1	0	0
24	1	0	1
25	1	1	-1
26	1	1	0
27	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.2.2 Determinação da Unidade Haugh (UH):

Os ovos foram pesados individualmente em balança semi-analítica, e logo após quebrados sobre uma plataforma, onde foi medido a altura do albúmen em três pontos distintos através de paquímetro digital adaptado a uma base tripé e a Unidade Haugh obtida, conforme descrito por Jin *et al.* (2011), através da Equação 1:

$$HU = 100 \log[H + 7,57 - 1,7W^{0,37}] \quad (1)$$

onde:

HU= Unidades Haugh;

H= altura da clara (mm);

W= peso do ovo (g).

2.2.3 Gravidade Específica

Utilizou-se os dados do peso do ovo no ar e o peso da água deslocada pelo ovo quando completamente submerso, descrito por Feddern *et al.* (2017), conforme Equação 2:

$$GE = \frac{PA}{PAG} \quad (2)$$

onde:

GE= gravidade específica;

PA= peso do ovo no ar;

PAG= peso do ovo submerso.

2.2.4 Perda de peso (%)

A porcentagem de perda de peso foi realizada conforme descrito por Feddern, *et al.* (2017) utilizando a Equação 3:

$$PP = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100 \quad (3)$$

onde:

PP = perda de peso;

Pi = peso inicial (antes do armazenamento);

Pf = peso final (após armazenamento).

2.2.5 Índice Gema

Foi calculado a razão entre altura da gema e a sua largura, medido com o auxílio de paquímetro, conforme descrito por Feddern, *et al.* (2017) utilizando a Equação 4:

$$IG = \frac{AG}{LG} \quad (4)$$

onde:

IG = Índice gema;

AG = altura da gema;

LG largura da gema.

2.2.6 Cor da Gema

Foi determinada visualmente através de escala colorimétrica, determinada pelo leque colorimétrico da DSM[®], que é uma escala que varia de 1 (amarelo claro) até 15 (laranja escuro).

2.2.7 pH do Albúmen

O albúmen foi separado manualmente e colocado em recipientes individuais. A medida de pH foi realizada através de pHmetro digital de bancada.

2.2.8 Percentagem de casca, albúmen e gema

As percentagens de casca, albúmen e gema foram obtidas através da relação dos respectivos pesos em relação ao peso do ovo.

2.2.9 Modelagem Matemática

Com os valores obtidos para as diferentes variáveis conforme os tratamentos, foi ajustado um modelo polinomial de segunda ordem conforme mostra a Equação 5:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (5)$$

onde:

X_1 é a temperatura (°C);

X_2 é a umidade (%);

X_3 é o tempo (dias);

Y é a resposta analisada.

A adequação dos modelos resultantes para a descrição dos dados experimentais foi avaliada através dos seguintes índices estatísticos, o erro absoluto médio (MAE, Equação 6), a raiz do erro quadrático médio (RMSE, Equação 7) e o erro relativo percentual médio (MRPE, Equação 8). Além disso, foram calculados o número de previsões do modelo cujo erro absoluto é inferior a 10% (ERPM10) e o número de previsões do modelo cujo erro absoluto é inferior a 20% (ERPM20). O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar se os resíduos gerados pelo modelo são normalmente distribuídos. Nas Equações de 6 a 8, n é o número de pontos experimentais, p é o número de parâmetros do modelo, y_{exp} são os valores obtidos nos experimentos e y_{pred} são os valores preditos pelo modelo.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |y_{\text{pred}} - y_{\text{exp}}| \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(y_{\text{exp}} - y_{\text{pred}})^2}{n-p}} \quad (7)$$

$$MRPE = \frac{100}{n} \sum \left| \frac{y_{\text{pred}} - y_{\text{exp}}}{y_{\text{exp}}} \right| \quad (8)$$

Para ajustar a Equação 5 aos dados experimentais e demais análises estatísticas, foi utilizado o software R v.3.5.3 (R Core Team, 2016).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros obtidos após ajuste dos dados experimentais para as diferentes respostas (parâmetros referentes à qualidade dos ovos) estão descritos na Tabela 3. Valores negativos dos coeficientes indicam que os parâmetros estão correlacionados negativamente (um aumento no valor da variável explicativa gera uma diminuição no valor da resposta), enquanto valores positivos sugerem uma correlação positiva (um aumento no valor da variável explicativa gera um aumento no valor da resposta).

Tabela 3. Valores obtidos após ajuste da Equação 5 aos dados experimentais

	Haugh	Índice Gema	Gravidade Específica (g/cm ³)	Perda Peso (%)	Albúmen (%)	Casca (%)	Gema (%)	Cor da Gema	pH Albúmen
β_0	50,0585 (1,1036) ^{***}	0,4193 (0,0027) ^{***}	1,0605 (0,0010) ^{***}	1,7904 (0,0694) ^{***}	61,8000 (0,1792) ^{***}	10,0667 (0,0636) ^{***}	28,5852 (0,0945) ^{***}	5,0298 (0,0628) ^{***}	9,4928 (0,0247) ^{***}
β_1	-21,3656 (0,6045) ^{***}	-0,0733 (0,0019) ^{***}	-0,0095 (0,0007) ^{***}	0,9129 (0,0491) ^{***}	-0,5111 (0,1267) ^{***}	ns	0,5111 (0,1157) ^{***}	-0,2710 (0,0444) ^{***}	0,1808 (0,0135) ^{***}
β_2	1,5244 (0,6045) [*]	0,0047 (0,0019) [*]	0,0091 (0,0007) ^{***}	-0,9332 (0,0491) ^{***}	0,3000 (0,1267) [*]	ns	-0,2222 (0,1157) [#]	-0,0902 (0,0444) [*]	0,0340 (0,0135) [*]
β_3	-8,2748 (0,6045) ^{***}	-0,0289 (0,0019) ^{***}	-0,0095 (0,0007) ^{***}	1,0193 (0,0491) ^{***}	-0,4111 (0,1267) ^{**}	ns	0,3444 (0,1157) ^{**}	ns	0,0542 (0,0135) ^{***}
β_{11}	-9,3118 (1,0469) ^{***}	-0,0391 (0,0033) ^{***}	-0,0044 (0,0012) ^{***}	0,3756 (0,0851) ^{***}	ns	ns	ns	0,3292 (0,0769) ^{***}	-0,0399 (0,0234) [#]
β_{22}	ns	ns	ns	ns	-0,4111 (0,2194) [#]	ns	ns	ns	-0,0502 (0,0234) [*]
β_{33}	3,0946 (1,0469) ^{**}	ns	ns	ns	ns	-0,2222 (0,0779) ^{**}	ns	ns	Ns
β_{12}	1,6793 (0,7403) [*]	ns	0,0069 (0,0009) ^{***}	-0,6177 (0,0601) ^{***}	ns	ns	ns	ns	-0,0887 (0,0166) ^{***}
β_{13}	-4,0555 (0,7403) ^{***}	-0,0340 (0,0023) ^{***}	-0,0055 (0,0009) ^{***}	0,3668 (0,0601) ^{***}	ns	0,1000 (0,0551) [#]	ns	0,1130 (0,0544) [*]	-0,0452 (0,0166) ^{**}

	Haugh	Índice Gema	Gravidade Específica (g/cm ³)	Perda Peso (%)	Albúmen (%)	Casca (%)	Gema (%)	Cor da Gema	pH Albúmen
β_{23}	ns	0,0102 (0,0023) ^{***}	0,0063 (0,0009) ^{***}	-0,5117 (0,0601) ^{***}	ns	ns	0,3000 (0,1418) [*]	0,1525 (0,0544) ^{**}	0,0802 (0,0166) ^{***}
MAE	4,2206	0,0142	0,0047	0,3053	0,9325	0,276	0,8398	0,3195	0,0994
RMSE	5,5618	0,0176	0,0065	0,4518	1,1793	0,4218	1,0775	0,4119	0,1239
MRPE (%)	6,2737	0,2469	3,8371 x 10 ⁻⁵	6,7063	0,0372	0,1857	0,1411	0,5987	0,0176
Shapiro	0,0458	0,6419	3,8540 x 10 ⁻⁷	2,6840 x 10 ⁻¹⁰	0,1255	4,5980 x 10 ⁻¹¹	0,3708	0,2159	0,0114
ERPM10 (%)	62,2222	91,1111	100	37,7778	100	94,8148	99,2593	82,2222	100
ERPM20 (%)	76,2963	100	100	60,7407	100	100	100	98,5185	100
Pré-análise	79,91 (1,06)	0,45 (0,01)	1,08 (0,00)	-	63,60 (1,52)	9,40 (0,55)	26,80 (1,64)	6,90 (0,42)	8,15 (0,13)

Os resultados estão expressos como valor estimado (erro padrão). ***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, #: p<0.1, ns: não significativos (p>0.1).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

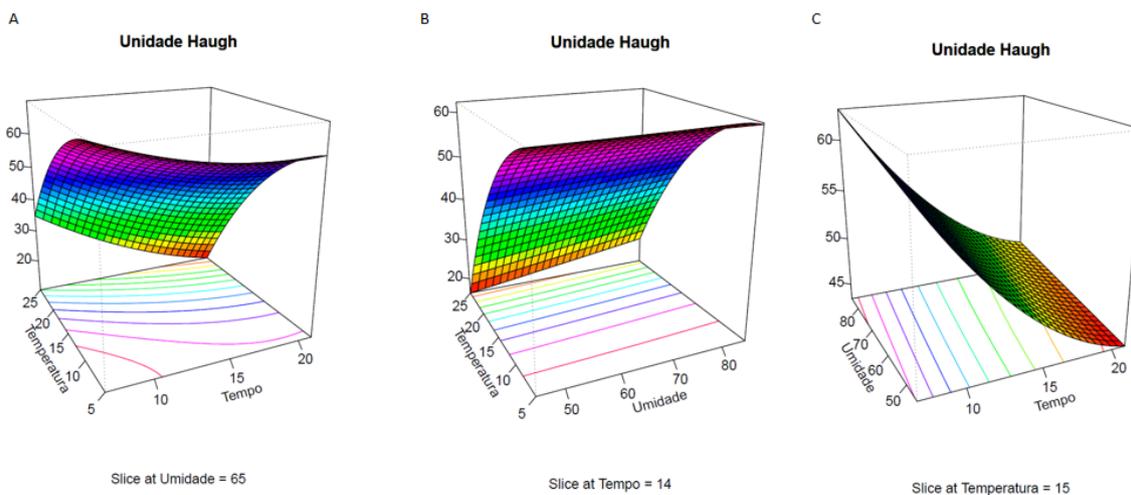
Nas seções que se seguem, está incluída uma discussão mais detalhada sobre os resultados obtidos para cada atributo de qualidade.

2.3.1 Unidade Haugh

As Figuras 1 e 2 demonstram a relação existente entre as variáveis: Tempo, Temperatura e Umidade Relativa. Conforme indicam as Figuras 1 e 2 e a Tabela 3, a Unidade Haugh diminui com o aumento da temperatura e da umidade e aumentou com o tempo de armazenamento. Dentre essas variáveis, a temperatura é a que mais afeta a Unidade Haugh, uma vez que o parâmetro β_1 é maior em magnitude que os demais parâmetros ajustados. A interação entre a temperatura e a umidade tende a aumentar a Unidade Haugh (correlação positiva), enquanto a interação entre a temperatura e o tempo diminuem a Unidade Haugh (correlação negativa).

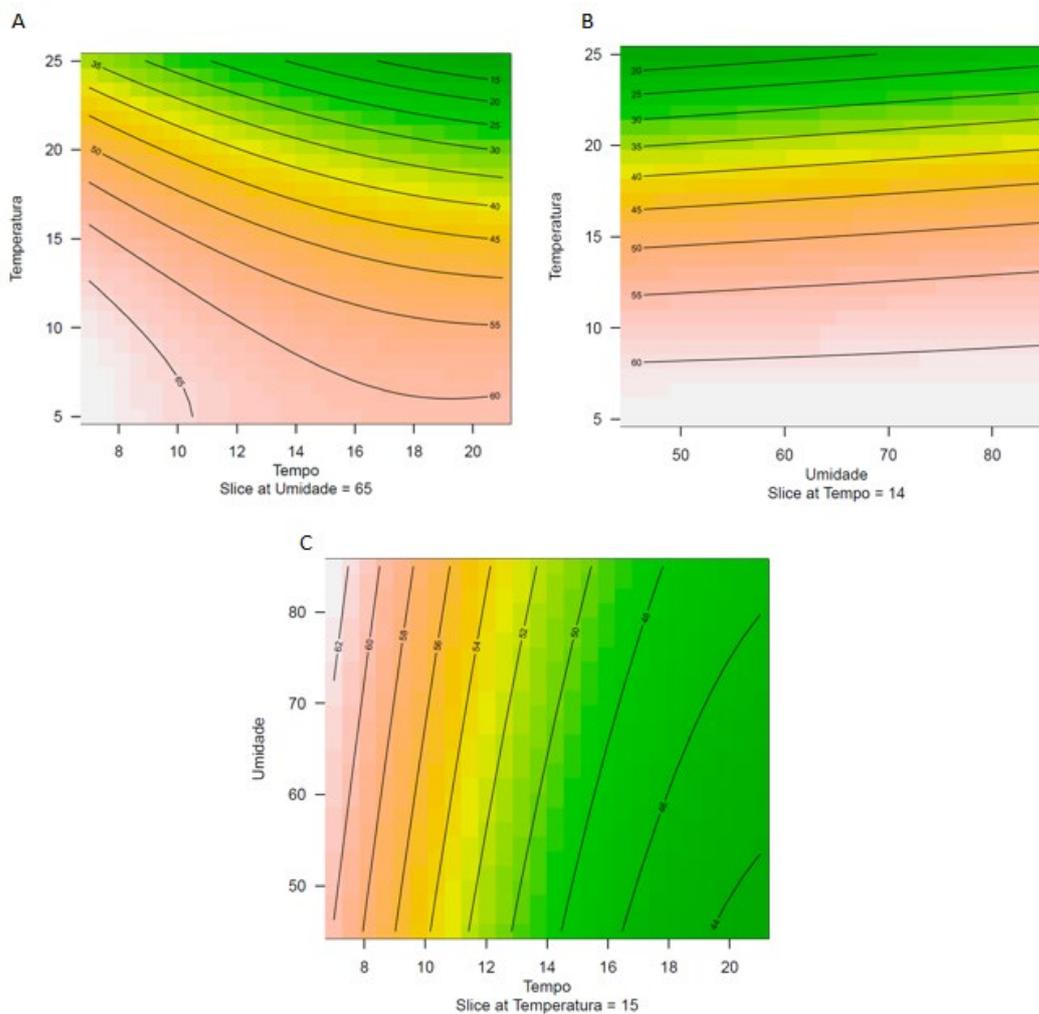
Conforme relatado por Feddern *et al.*, (2017), ovos armazenados sob refrigeração tem uma maior qualidade da Unidade Haugh e ovos armazenados à temperatura ambiente, diminuem significativamente a Unidade Haugh, principalmente após a segunda semana de armazenamento. Assim também foi demonstrado na superfície de contorno (Figura 1A) que, quanto menor a temperatura, até chegar a de refrigeração, maior o tempo que é possível armazenar os ovos sem perda da qualidade (diminuição da Unidade Haugh), uma vez que a qualidade interna dos ovos começa a diminuir logo após a postura, em razão da perda de umidade e dióxido de carbono através dos poros da casca do ovo (Yildirim, 2017).

Figura 1. Superfície de Contorno obtidas para a Unidade Haugh – A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

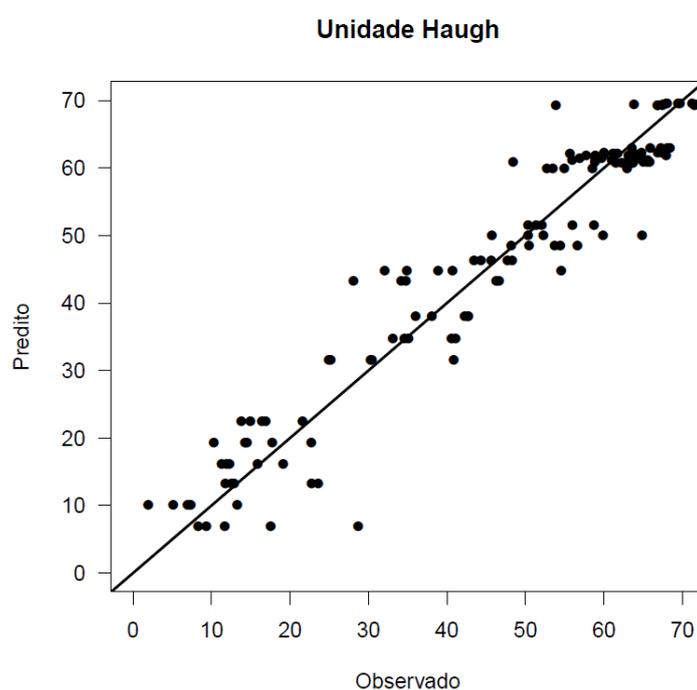
Figura 2. Gráficos de contorno para Unidade Haugh: A:Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No que diz respeito ao ajuste do modelo, é possível afirmar que os resultados foram satisfatórios, pois conforme mostra a Tabela 3, o erro médio obtido para cada previsão é da ordem de 6% e para cerca de 62% das previsões, o erro é inferior à 10%. A Figura 3 ilustra o diagrama de valores previstos em função dos observados, o que confirma a adequação do modelo para descrever os resultados experimentais.

Figura 3. Valores preditos em função dos observados para Unidade Haugh.



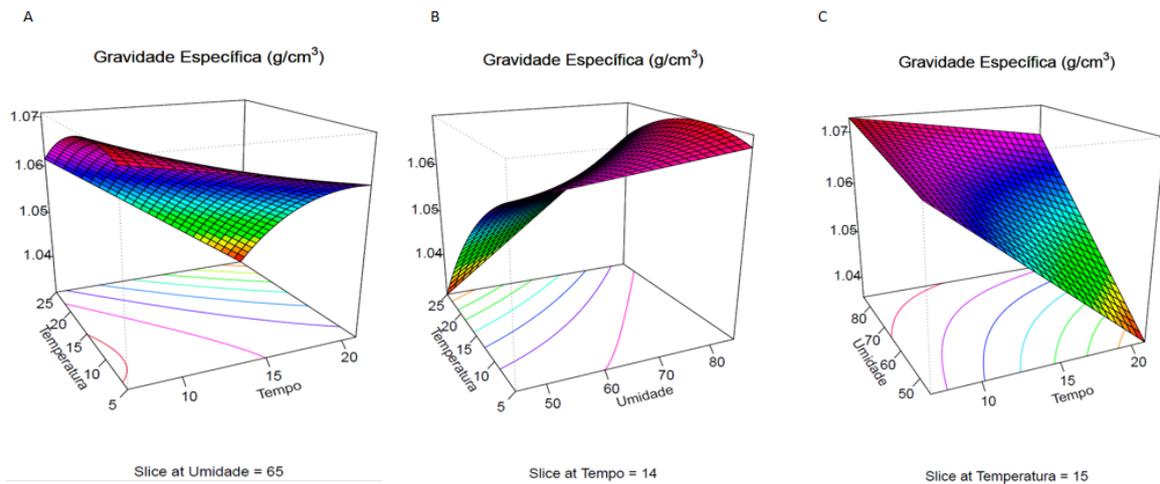
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.3.2 Gravidade Específica

As Figuras 4 e 5 expressam a relação da gravidade específica com as variáveis explicativas (temperatura, umidade e tempo de armazenamento). Conforme indica a Tabela 3, a temperatura e o tempo correlacionam negativamente com a gravidade específica, enquanto a umidade de armazenamento correlaciona positivamente. Uma conclusão similar foi obtida por Feddern *et al.*, (2017), que não observaram variabilidade nos tratamentos de

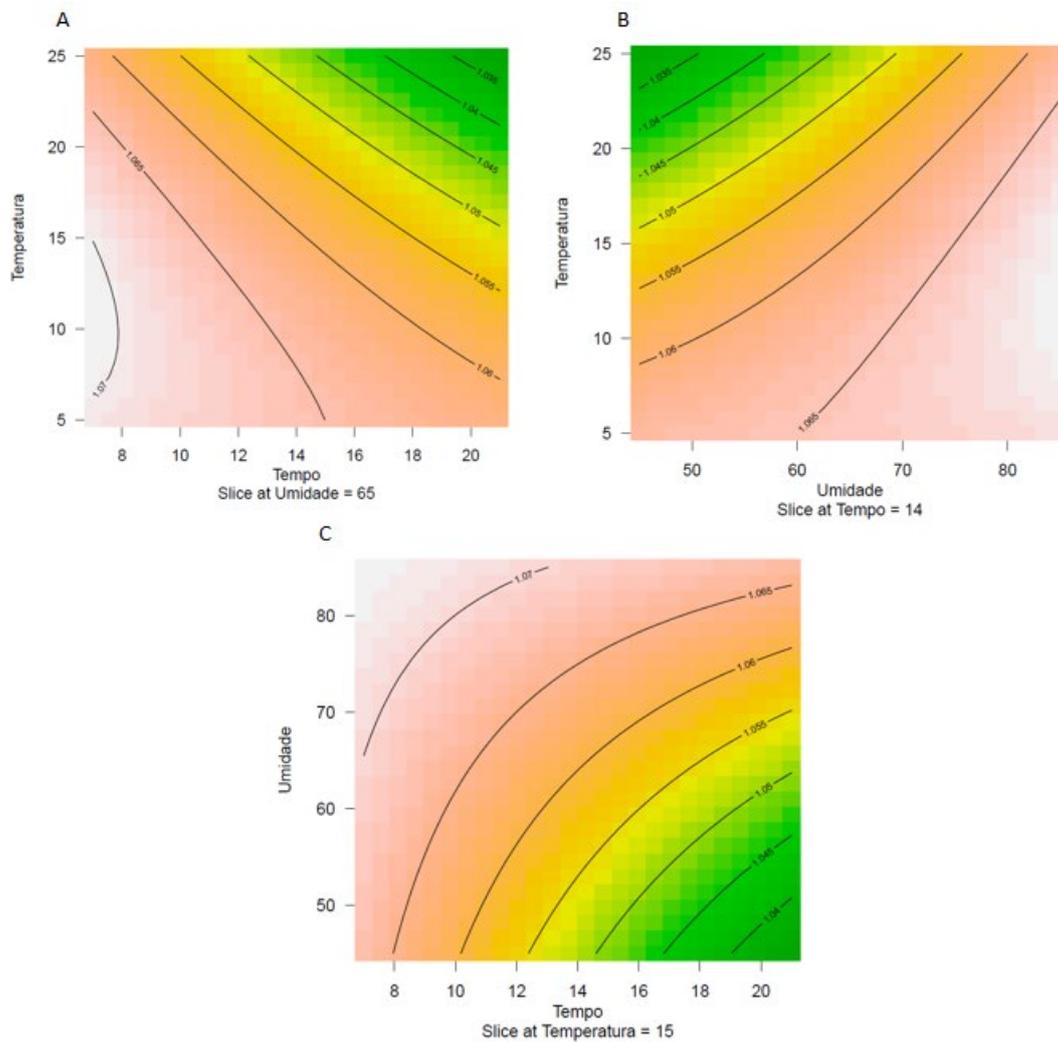
avaliação de qualidade interna de ovos armazenados sob refrigeração e à temperatura ambiente. De acordo com a Tabela 3 e a Figura 6, os resultados obtidos com o modelo descrevem de forma precisa os valores experimentais.

Figura 4. Superfície de Contorno obtidas para a Gravidade Específica – A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



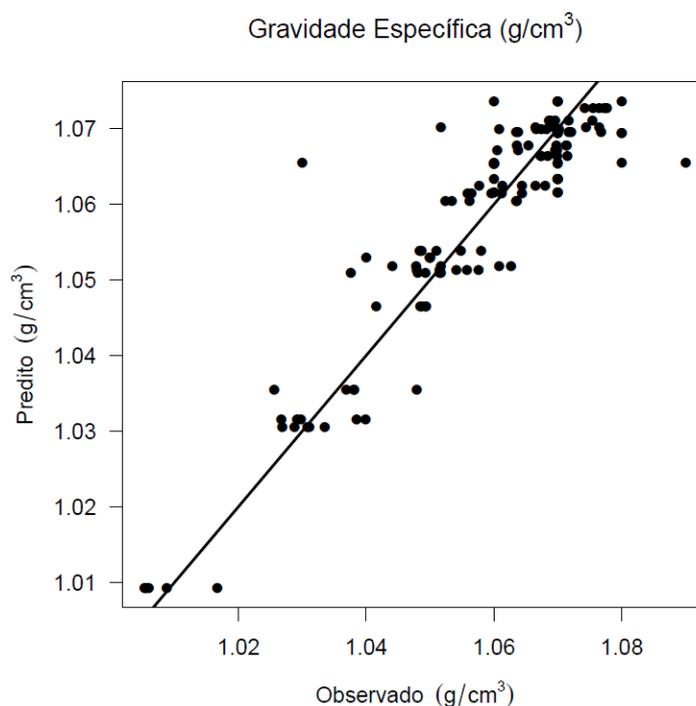
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 5. Gráficos de contorno para Gravidade Específica: A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 6. Valores observados versus predito para Gravidade Específica.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

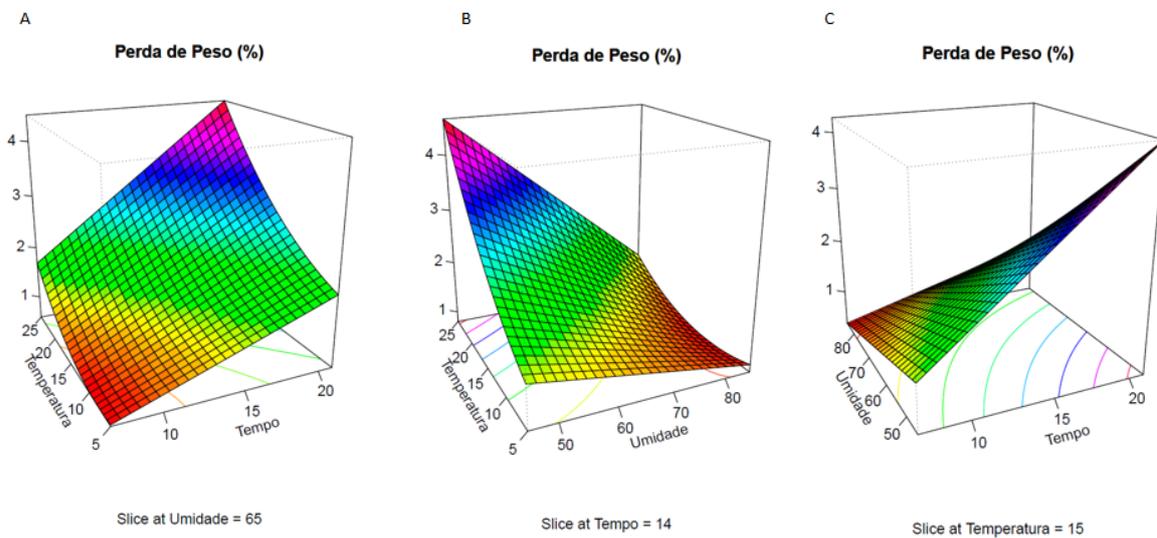
2.3.3 Percentagem de Perda de Peso

As Figuras 7 e 8 e a Tabela 3 demonstram que, quanto maior a temperatura e o tempo de armazenamento, maior é a percentagem de perda de peso dos ovos armazenados. Por outro lado, a umidade se correlaciona negativamente com a perda percentual de peso. Dentre estes três parâmetros, o mais relevante para explicar a perda percentual de peso é o tempo.

Esse efeito foi demonstrado também por diversos estudos, que indicam o aumento da perda de massa dos ovos a temperaturas mais altas do que as de refrigeração com o passar do tempo de armazenamento em consequência da perda de umidade através dos poros da casca (Feddern *et al.*, 2017; Liu *et al.*, 2016; Sokołowicz, Krawczyk e Dykiel, 2016; Yildirim, 2017).

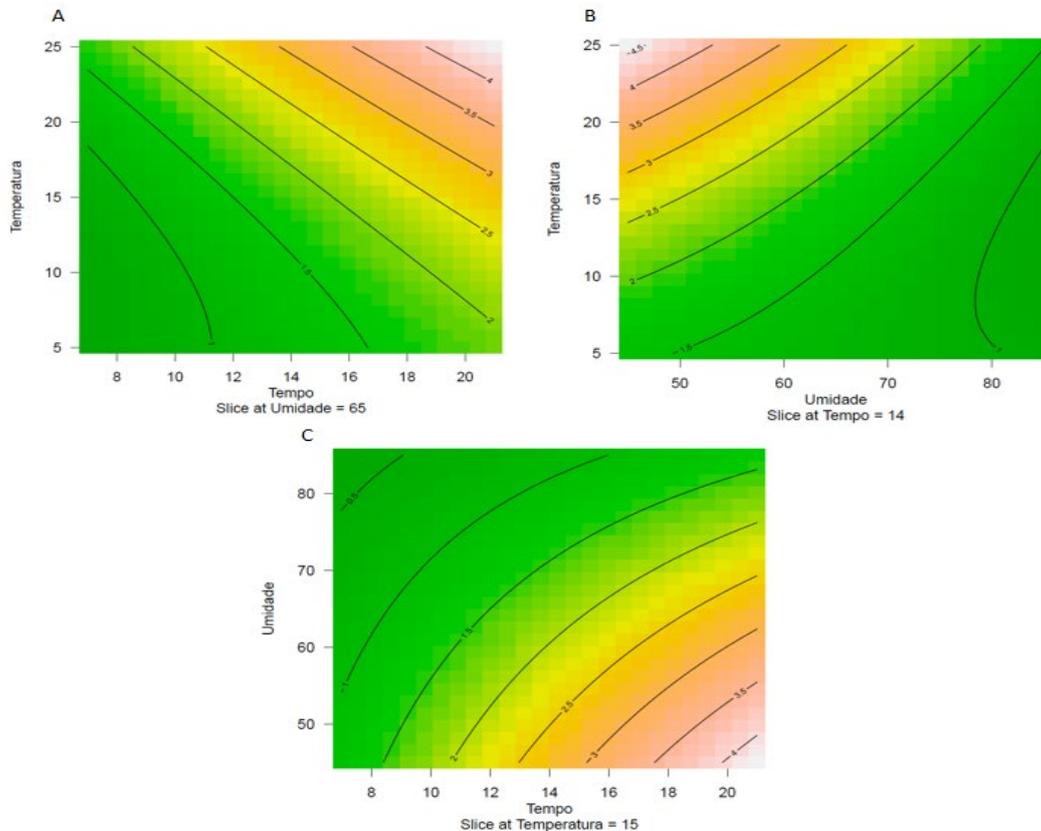
A Figura 9 correlaciona os valores observados e preditos para a percentagem de perda de peso. Como o valor de p obtido pelo teste de Shapiro-Wilk é menor que 0,05), o modelo forneceu previsões razoáveis. De qualquer forma, deve ser empregado com cautela para predição dos resultados experimentais.

Figura 7. Superfície de Contorno obtidas para a %Perda de Peso – A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



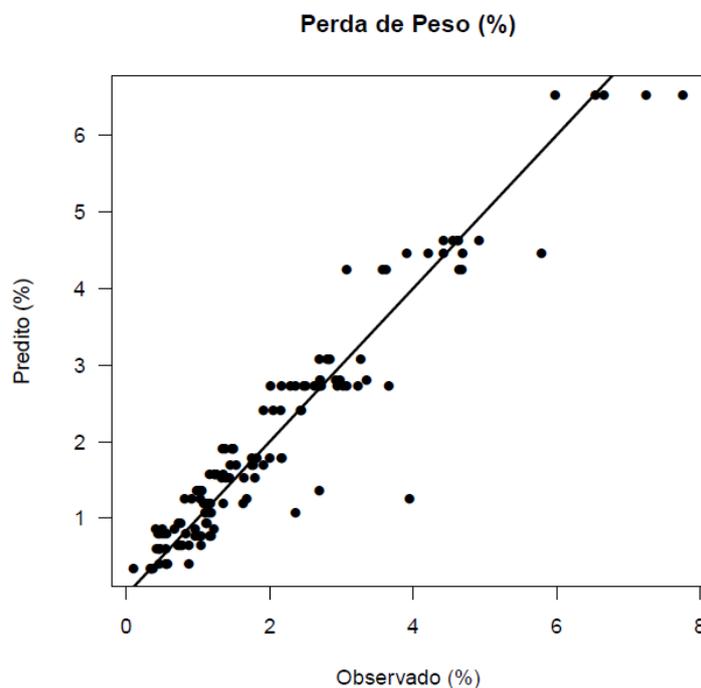
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 8. Gráficos de contorno para %Perda de Peso: A:Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 9. Valores observados versus predito para Perda de Peso (%).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

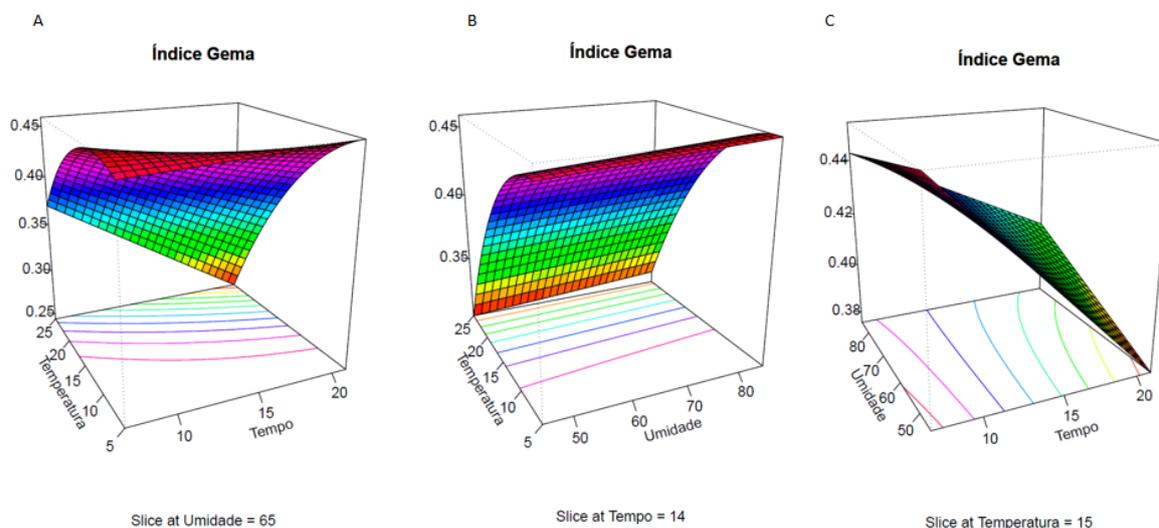
2.3.4 Índice Gema

Feddern *et al.* (2017), Sokołowicz, Krawczyk e Dykiel (2016) relatam diferenças significativas no Índice Gema em ovos armazenados em temperaturas ambiente em relação aos que foram armazenados sob refrigeração, devido ao fato de a gema absorver umidade do albúmen, uma vez que o Índice Gema está relacionado ao diâmetro e a altura da gema, o que pode ocasionar rompimento da membrana da gema ao se quebrar o ovo.

No presente estudo, foi observado que a temperatura e o tempo de armazenamento estão negativamente correlacionados com o índice gema, enquanto a umidade está positivamente correlacionada (Figuras 10 e 11 e Tabela 3). Dentre estas variáveis, a temperatura é a que mais afeta o índice gema, seguida pelo tempo de armazenamento e umidade.

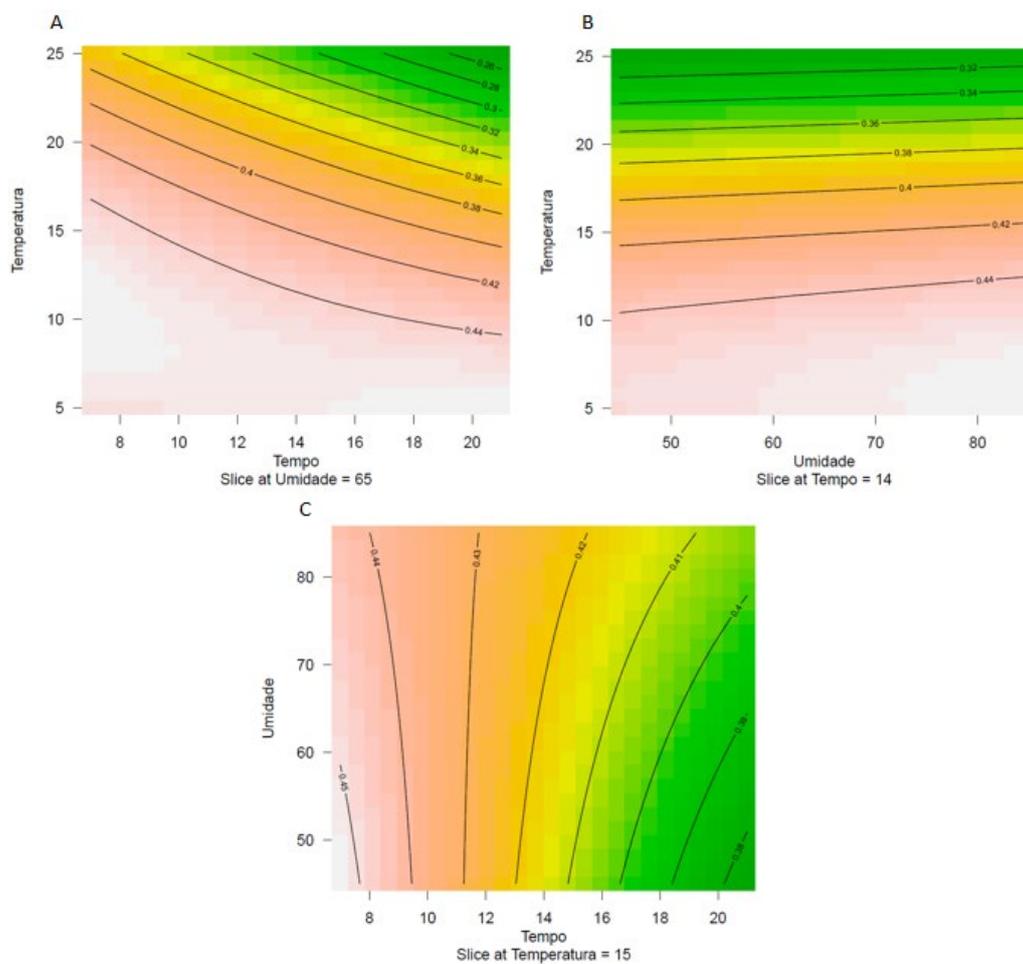
As Figuras 10 e 11 demonstram que o Índice Gema é melhor quando combinados umidades mais altas e temperaturas de refrigeração. De acordo com a Figura 12 e a Tabela 3, é possível observar que o modelo descreve de forma precisa os resultados experimentais.

Figura 10. Superfície de Contorno obtidas para a Índice Gema – A: tempo x temperatura; B: umidade x temperatura; C: tempo x umidade.



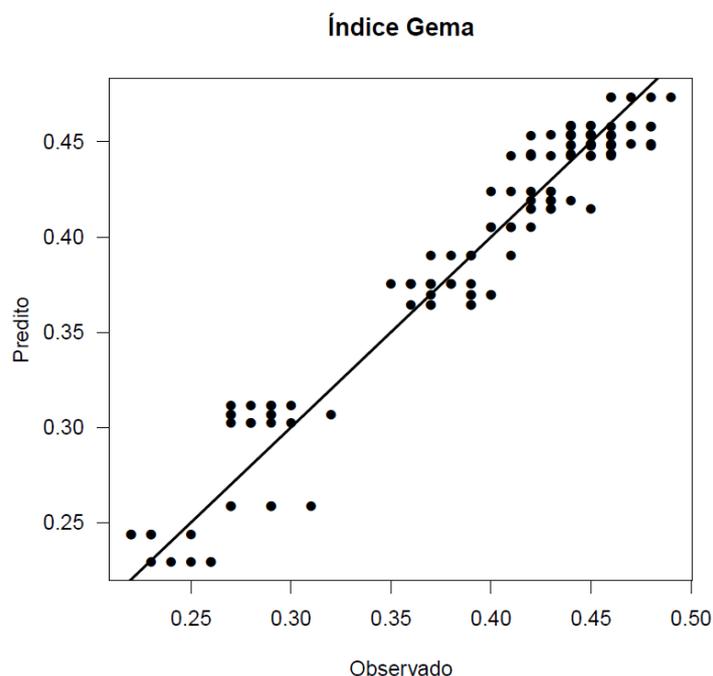
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 11. Gráficos de contorno para Índice Gema: A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 12. Valores observados versus predito para Índice Gema.



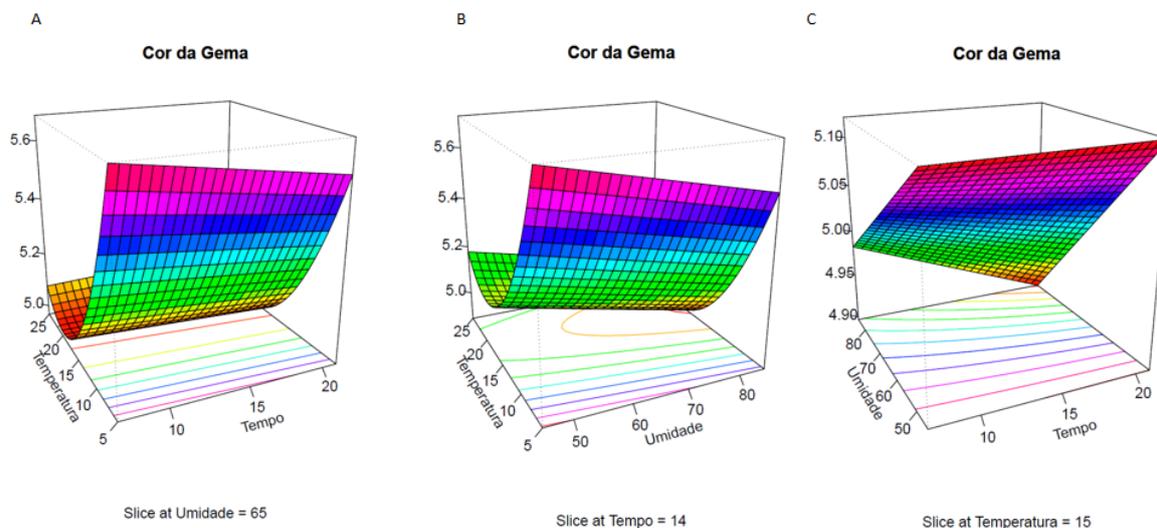
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.3.5 Cor da Gema

Consumidores preferem ovos com cores mais intensas da gema (Sokołowicz, Krawczyk e Dykiel, 2016). Estes autores concluíram que ovos testados no 28º dia de armazenamento possuíam a cor mais intensa da gema do que aqueles no primeiro dia após a postura. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho (Figuras 13 e 14 e Tabela 3) isso pode ser possível em temperaturas e umidades mais baixas de armazenamento, caso contrário, o ovo tende a ter sua cor mais clara. Isso pode ocorrer porque em umidades mais baixas, o ovo perde mais umidade através da casca e a gema absorve menos umidade do albúmen. A temperatura afeta a cor da gema de forma mais intensa o que pode ser explicado pela aceleração de reações químicas dos componentes do ovo causada pelo seu aumento. O tempo de armazenamento não afetou diretamente de forma significativa a cor da gema, embora interaja de forma positiva tanto com a temperatura quanto com a umidade (Tabela 3).

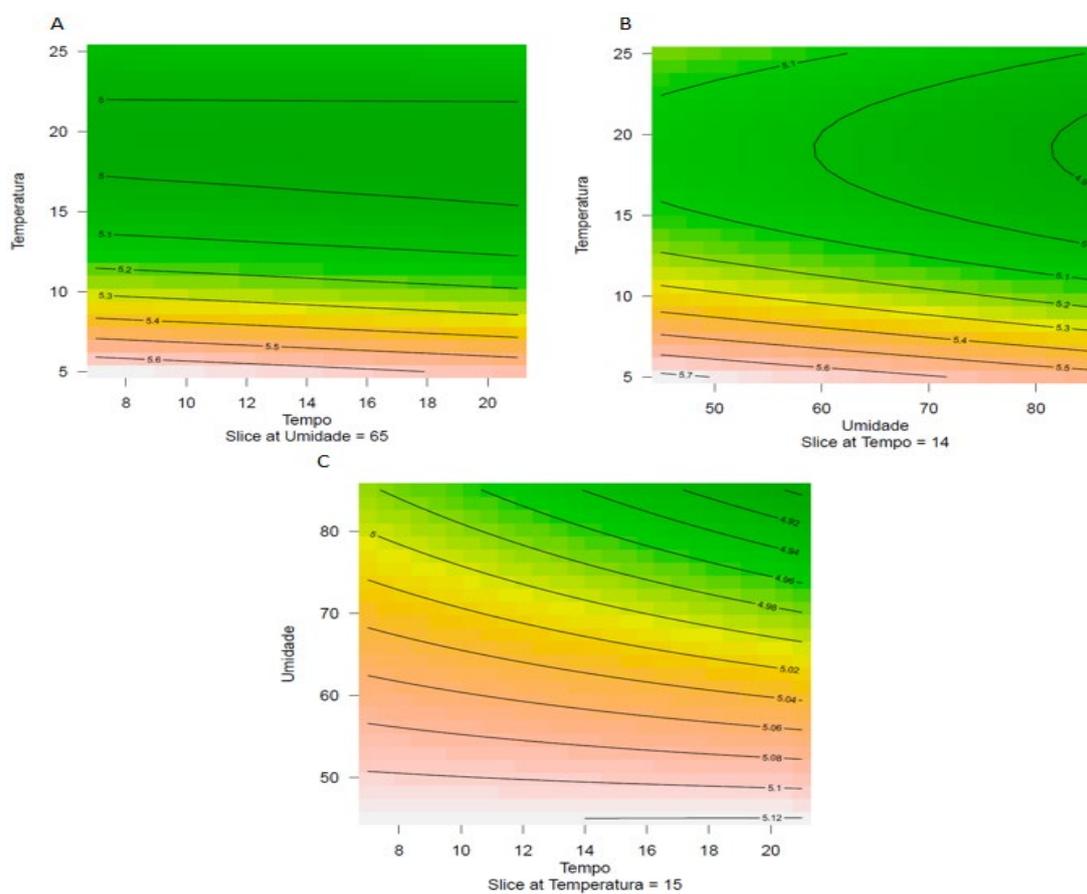
Com os valores observados e preditos mostrados na Figura 15, tem-se evidenciada a confiança da equação apresentada.

Figura 13. Superfície de Contorno obtidas para a Cor da Gema: A: tempo x temperatura; B: umidade x temperatura; C: tempo x umidade.

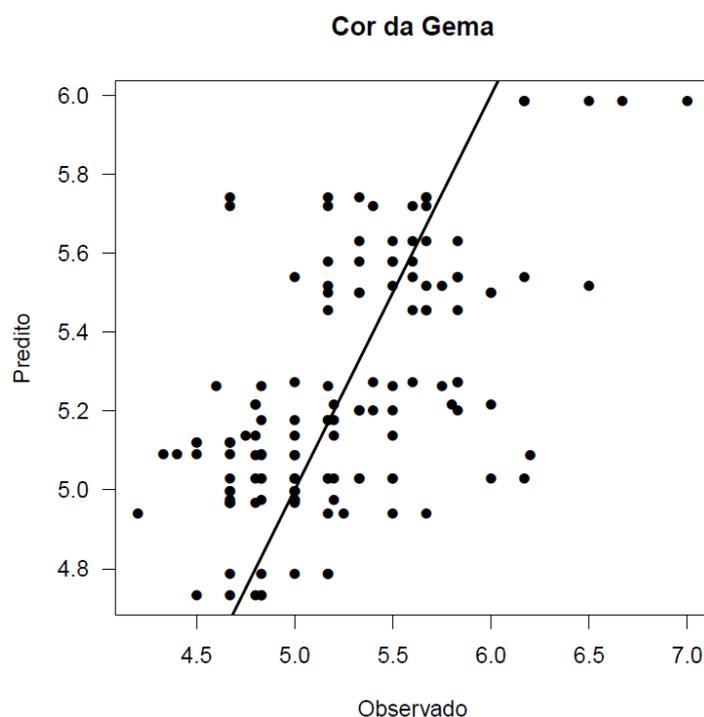


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 14. Gráficos de contorno para Cor da Gema: A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

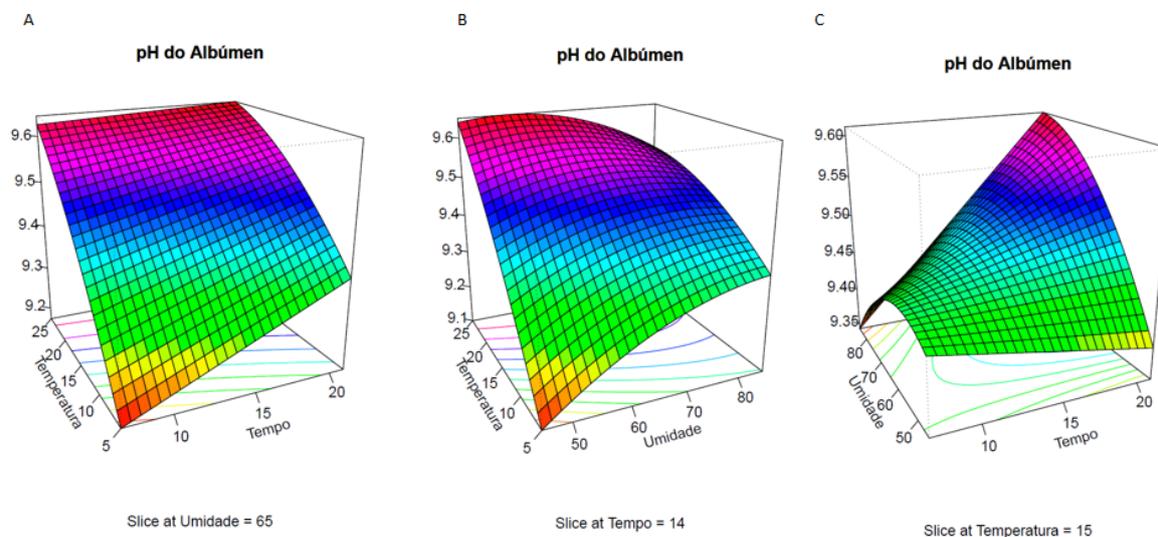
Figura 15. Valores observados versus predito para Cor da Gema.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.3.6 pH do Albúmen

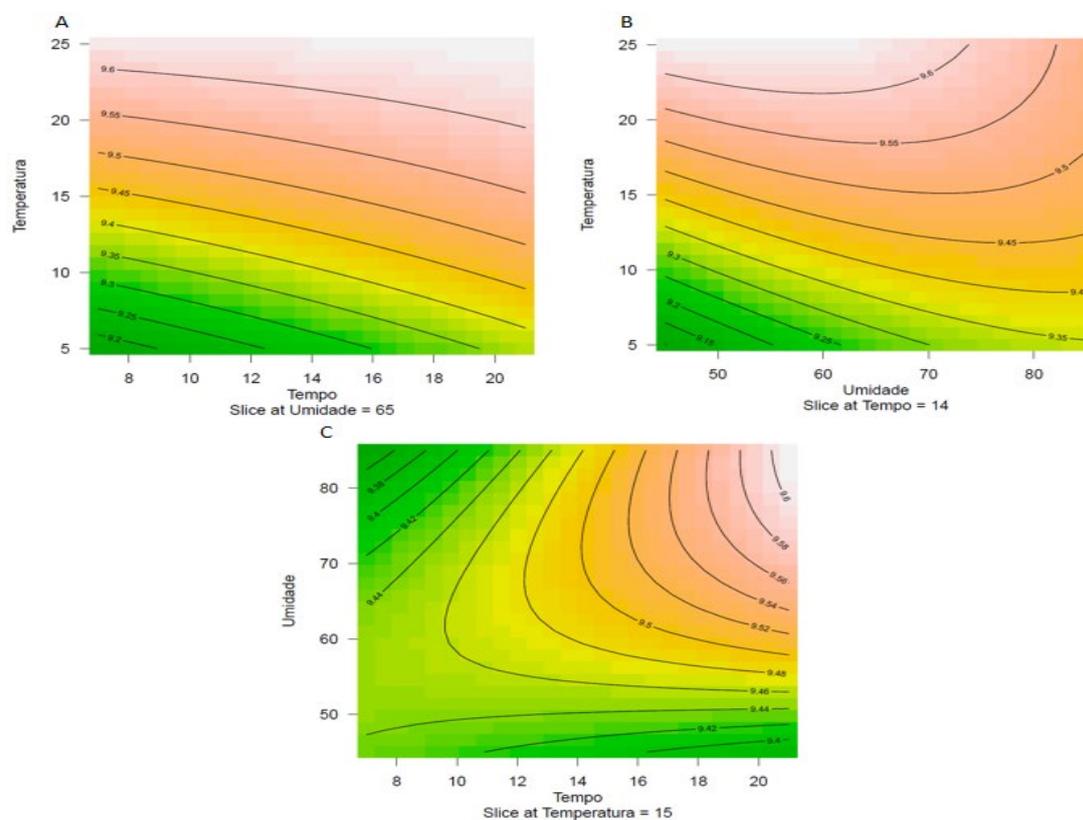
Dong *et al.* (2017) encontraram valores para pH do albúmen entre 8,08 a 10,11 em ovos armazenados por três semanas com condições controladas de temperatura (30°C) e umidade relativa (65%). No presente estudo foi observado o aumento do pH com as três variáveis explicativas, sendo que a temperatura foi a que mais afetou o pH do albúmen. Isso pode ser explicado, devido ao fato de que em temperaturas mais baixas, a velocidade de reação de dissociação do dióxido de carbono é mais lenta. Os resultados obtidos estão apresentados nas Figuras 16, 17 e 18. Embora os resíduos não estejam normalmente distribuídos, todos os erros de previsão obtidos com a Equação 5 foram inferiores a 10%, o que evidencia a utilidade do modelo em situações de interesse prático.

Figura 16. Superfície de Contorno obtidas para a pH do Albúmen: A: tempo x temperatura; B: umidade x temperatura; C: tempo x umidade.



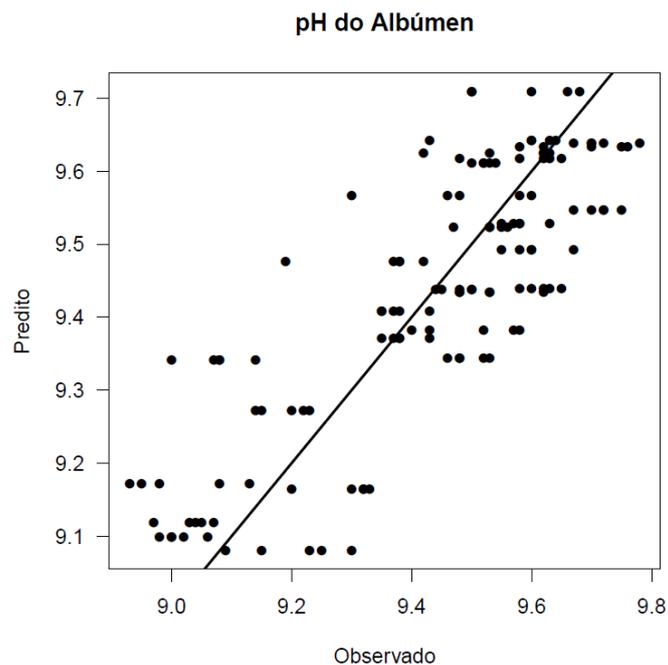
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 17. Gráficos de contorno para pH do Albúmen: A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 18. Valores observados versus predito para pH do Albúmen.

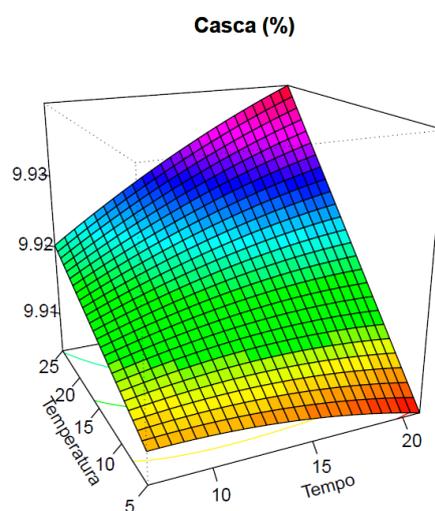


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.3.7 Percentagem de Casca

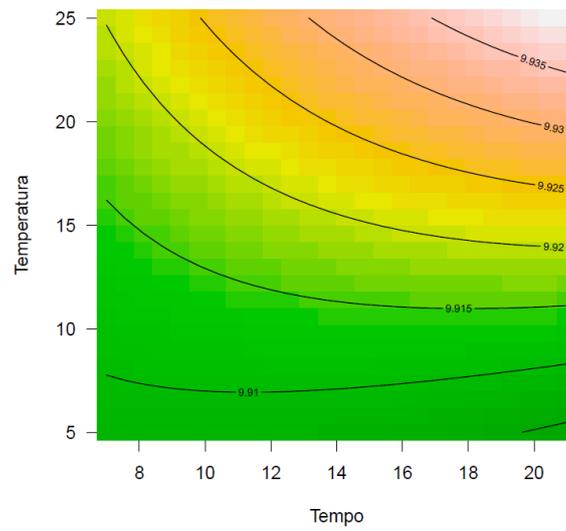
No que diz respeito à percentagem de casca, nenhuma das variáveis explicativas exerceu efeito individual sobre a resposta. Apenas o tempo de armazenamento exerceu um efeito quadrático negativo e uma interação com a temperatura. Mesmo assim, os efeitos não foram intensos. Os resultados obtidos estão sumarizados nas Figuras de 19 a 21.

Figura 19. Superfície de Contorno obtida para a % de Casca.



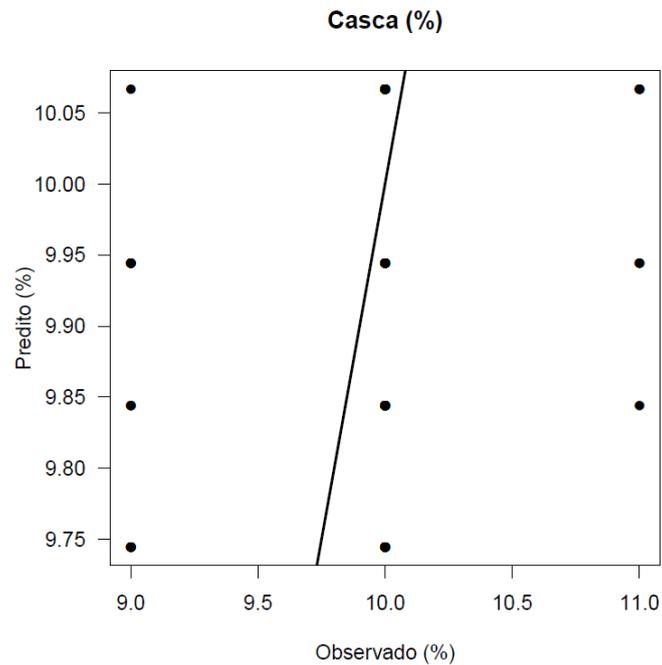
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 20. Gráficos de contorno para % de Casca.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 21. Valores observados versus predito para % de Casca

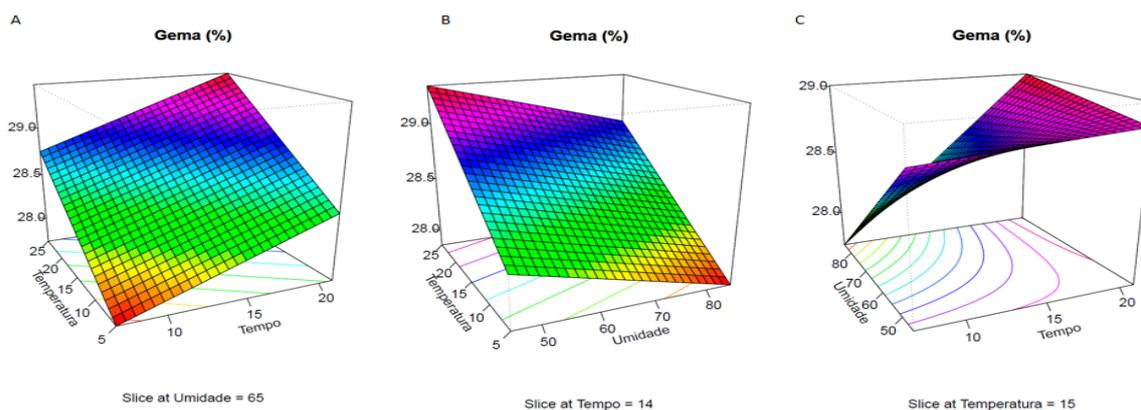


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.3.8 Percentagem de Gema

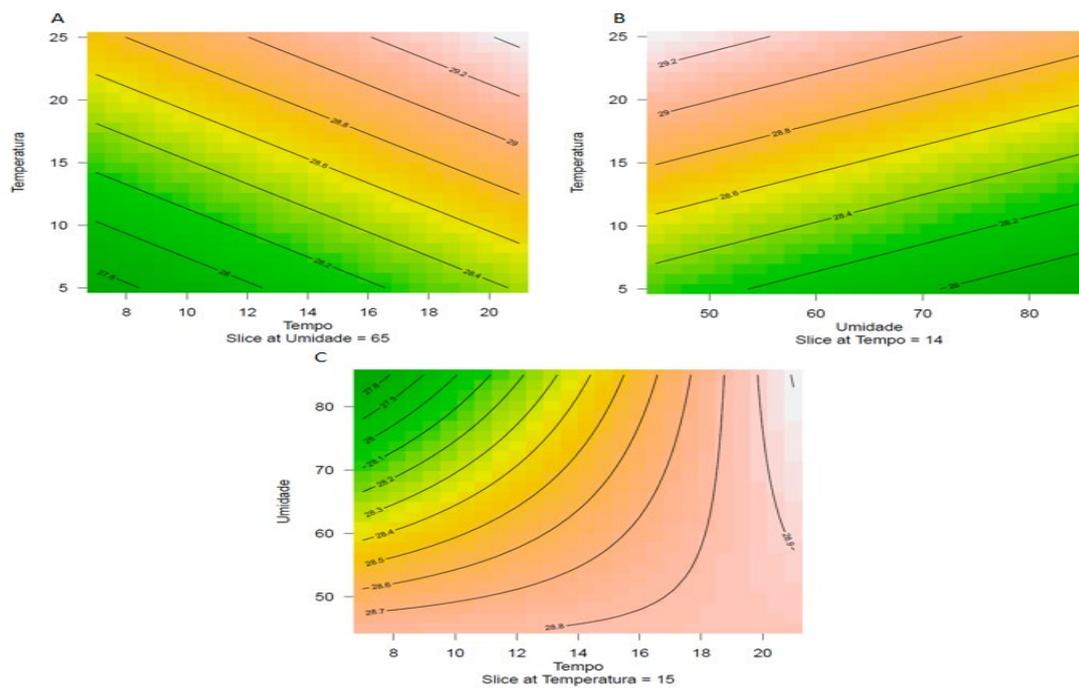
A percentagem de gema está positivamente correlacionada com tempo e a temperatura e negativamente correlacionada com a umidade de armazenamento, como evidenciado nas Figuras 22 e 23 e Tabela 3. Dessas variáveis, a que exerce maior impacto sobre a percentagem de gema é a temperatura. Esse fato pode ser explicado devido à velocidade de perda de umidade do albúmen nessas condições e pelo fato da transferência de umidade da clara para a gema do ovo nas condições apresentadas (Xavier *et al.*, 2008).

Figura 22. Superfície de Contorno obtidas para a % de Gema: A: tempo x temperatura; B: umidade x temperatura; C: tempo x umidade.



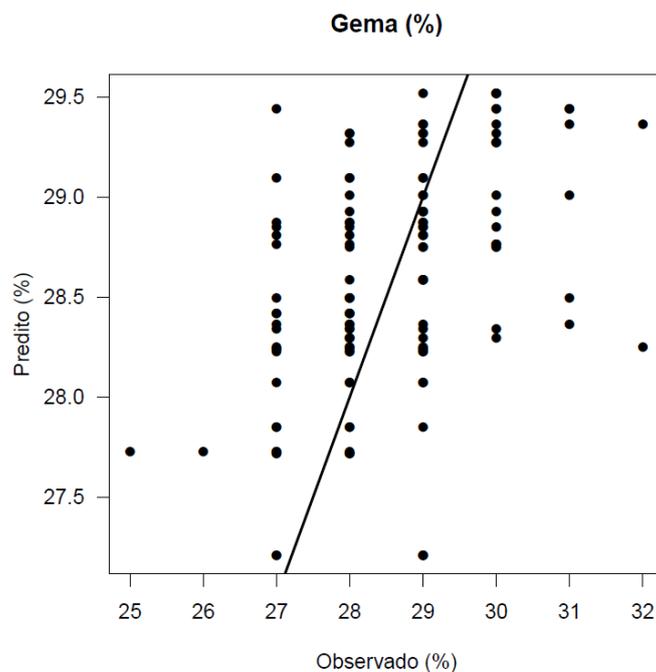
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 23. Gráficos de contorno para % de Gema: A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 24. Valores observados versus predito para % de Gema.

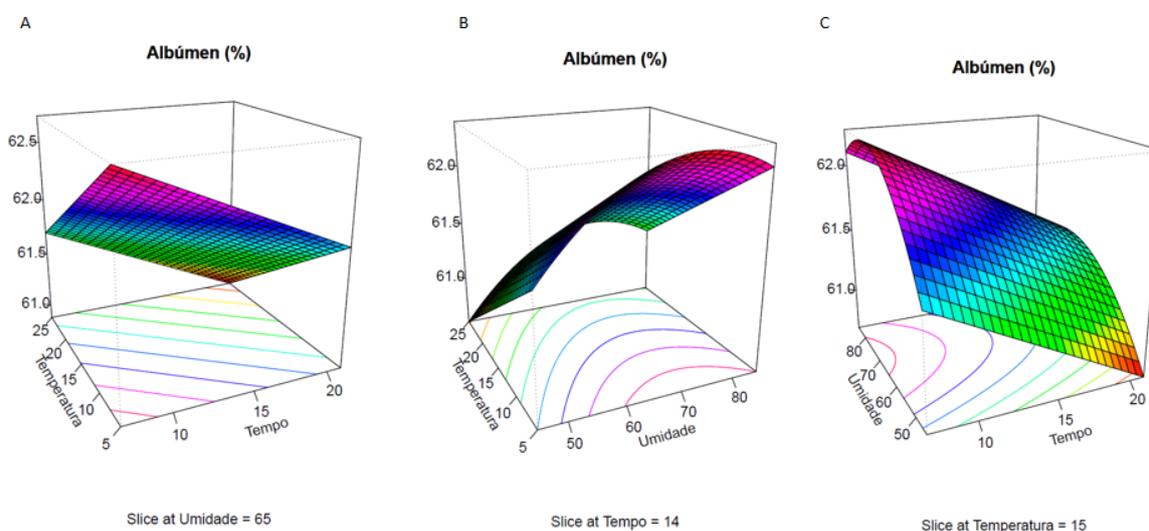


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.3.9 Percentagem de Albúmen

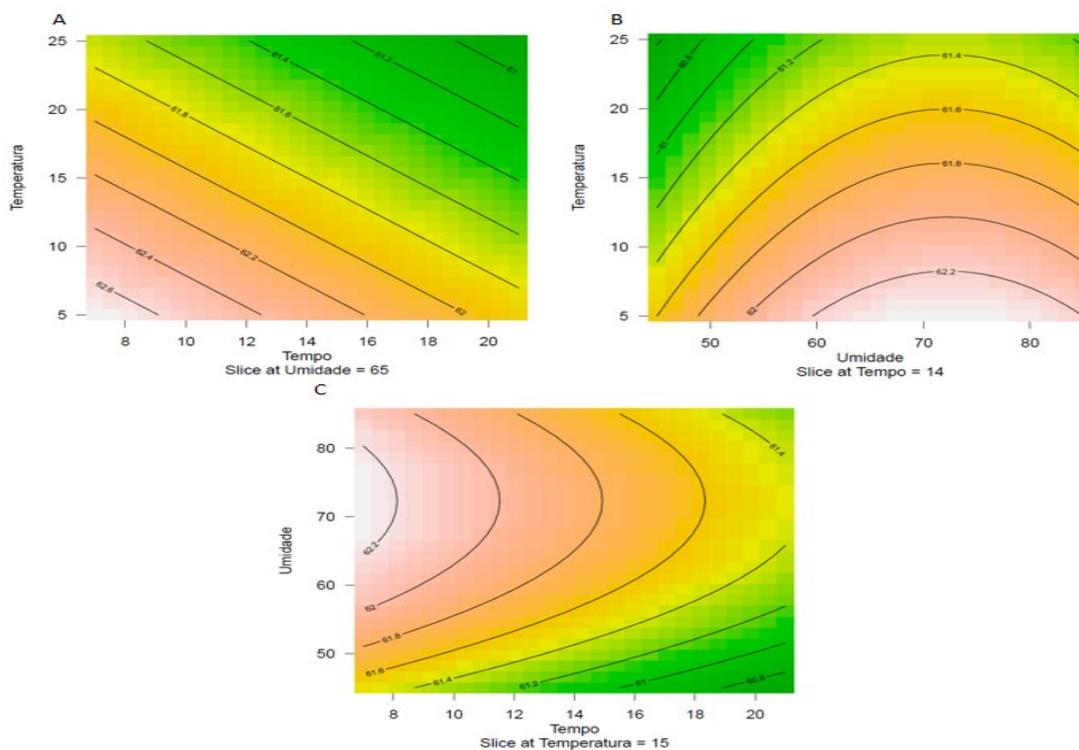
No modelo desenvolvido no presente estudo, quanto maior a temperatura e o tempo de armazenamento, menor é a percentagem de albúmen. Por outro lado, a percentagem de albúmen aumenta com a umidade relativa, essa observação é explicada pelo fato de o albúmen perder umidade para a gema e para o exterior do ovo através dos poros da casca, fazendo com que o albúmen diminua sua massa em relação ao ovo inteiro. Temperaturas de refrigeração e umidades de armazenamento mais altas fazem com que a velocidade de perda de umidade seja mais lenta (Coronel-Reyes *et al.*, 2018; Feddern *et al.*, 2017; Koblitz, 2011; Ordoñez, 2005; Silversides e Scott, 2001; Xavier *et al.*, 2008).

Figura 25. Superfície de Contorno obtidas para a % de Albúmen: A: tempo x temperatura; B: umidade x temperatura; C: tempo x umidade.



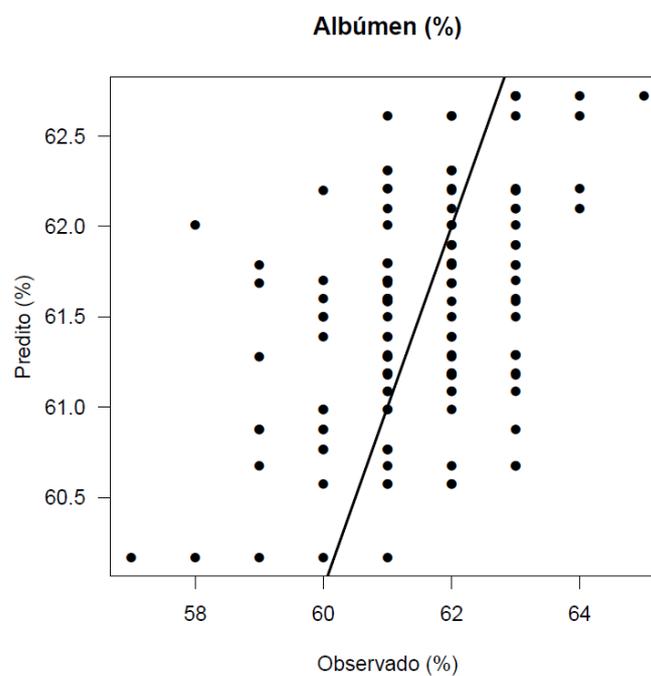
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 26. Gráficos de contorno para % de Albúmen: A: Tempo x Temperatura; B: Umidade x Temperatura; C: Tempo x Umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 27. Valores observados versus predito para % de Albúmen.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

2.4 Conclusão

O modelo polinomial de segunda ordem forneceu previsões confiáveis para a maioria das propriedades e pode ser empregado para prever a qualidade dos ovos em função dos fatores estudados. A temperatura foi a variável que exerceu maior influência sobre as propriedades dos ovos, com exceção para perda de peso, que sofreu maior influência da umidade. As variáveis gravidade específica e porcentagem de casca não sofreram influência dos três fatores avaliados.

A combinação adequada da temperatura, umidade e período de armazenamento pode ser útil para a melhor manutenção da qualidade interna dos ovos.

3 REFERÊNCIAS

ABPA. **RELATÓRIO ANUAL 2018 ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL**. São Paulo: ABPA, 2018.

____. **Relatório Anual Associação Brasileira de Proteína Animal ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal**, 2020. Disponível em: http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf

BARBOSA, V. M. *et al.* Efeitos da umidade relativa do ar na incubadora e da idade da matriz leve sobre o rendimento da incubação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 3, p. 741–748, 2008.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 1, de 21 de fevereiro de 1990. Aprova as Normas Gerais de Inspeção de Ovos e Derivados, propostas pela Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 mar. 1990.

CORONEL-REYES, J. *et al.* Determination of egg storage time at room temperature using a low-cost NIR spectrometer and machine learning techniques. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 145, n. September 2017, p. 1–10, 2018.

DONG, X. *et al.* Comparative study of albumen pH and whole egg pH for the evaluation of egg freshness. **Spectroscopy Letters**, v. 50, n. 9, p. 463–469, 2017.

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

FERNANDES, D. P. B. *et al.* Qualidade interna de diferentes tipos de ovos comercializados durante o inverno e o verão. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v. 67, n. 4, p. 1159–1165, 2015.

HENRIQUES, J. K. DOS S.; RODRIGUES, R. B.; UCZAY, M. Quality of commercial eggs submitted to different storage conditions. **Brazilian Journal of Hygiene and Animal Sanitary**, v. 12, p. 179–189, 2018.

HUANG, Q. *et al.* Estimation of egg freshness using S-ovalbumin as an indicator. **Poultry Science**, v. 91, n. 3, p. 739–743, 2012.

JIN, Y. H. *et al.* Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 2, p. 279–284, 2011.

KETTA, M.; TŮAMOVÁ, E. Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: A review. **Czech Journal of Animal Science**, v. 61, n. 7, p. 299–309, 2016.

KOBLITZ, M. G. B. Ovo. *In: Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 251–265.

KRAEMER, F. B. *et al.* Quality interns eggs evaluation in function of the temperature storage variation. **Revista brasileira de Ciências Veterinárias**, v. 10, p. 145–151, 2003.

LIU, Y. C. *et al.* Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. **Food Chemistry**, v. 211, p. 687–693, 2016.

MATHEW, A. *et al.* Relationship of temperature and length of storage on ph of internal contents of chicken table egg in humid tropics. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 32, n. 3, p. 285–296, 2016.

MUELLER, F. P.; MACHADO, P. R.; PINHEIRO, T. DA L. F. Chicken eggs conservation: quality assessment in different conditions of storage Fabiane. **Nutrição Brasil**, v. 16, n. 3, p. 144–153, 2017.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. [s.l.] Artmed, 2005.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.r-project.org>, 2016.

SAMLI, H. E.; AGMA, A.; SENKOYLU, N. Effects of Storage Time and Temperature on Egg Quality in Old Laying Hens. **Poultry Science Association**, v. 10, p. 548–553, 2005.

SILVA, R. C. *et al.* Termohygrotermetry on the transportation and eggs quality for human consumption. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 668–673, 2015.

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, n. 8, p. 1240–

1245, 2001.

SINGH, J. *et al.* Effect of storage conditions of egg on rheological properties of liquid whole egg. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 3, p. 543–550, 2014.

SOKOŁOWICZ, Z.; KRAWCZYK, J.; DYKIEL, M. Effect of storage time on quality and functional properties of eggs from hens included in conservation programme in Poland. **Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc/Food. Science Technology. Quality**, v. 2, n. 105, p. 49–57, 2016.

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

YILDIRIM, A. Changes in quality characteristics during storage time of eggs from layer hens fed diet supplemented with Panax ginseng Meyer leaf extract. **Progress in Nutrition**, v. 19, n. 2, p. 197–204, 2017.