

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

KAREM MURARO

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NaCl E EMULSÃO DE PELE SUÍNA NAS
CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA MORTADELA ELABORADA EM
PROCESSO INDUSTRIAL**

**ERECHIM, RS – BRASIL
2019**

KAREM MURARO

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NaCl E EMULSÃO DE PELE SUÍNA NAS
CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA MORTADELA ELABORADA EM
PROCESSO INDUSTRIAL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da URI Erechim, como requisito parcial a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim.

**Orientadoras: Dr^a. Eunice Valduga
Dr^a. Geciane Toniazzo Backes**

ERECHIM, RS – BRASIL

2019

KAREM MURARO

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE NaCl E EMULSÃO DE PELE SUÍNA NAS
CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA MORTADELA ELABORADA EM
PROCESSO INDUSTRIAL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da URI Erechim, como requisito parcial a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim.

Erechim, 26 de abril de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Eunice Valduga
URI Erechim

Prof^a. Dr^a. Geciane Toniazco Backes
URI Erechim

Dr^a. Adriane Pegoraro Brustolin
Aurora Alimentos – Erechim

Prof. Dr. Rogério Luis Gansian
URI Erechim

M972i Muraro, Karem

Influência da adição de NaCl e emulsão de pele suína nas características de qualidade da mortadela elaborada em processo industrial / Karem Muraro. – 2019. 65 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2019.

“Orientação: Dra Eunice Valduga; Dra Geciane Toniazco Backes”

1. Mortadela 2. Pele suína 3. Cloreto de sódio I. Título

C.D.U.: 664

Catálogo na fonte: bibliotecária Sandra Milbrath CRB 10/1278

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, pelo dom da vida, pela graça e alegrias a mim concedidas, por oportunizar mais esse avanço profissional.

A COOPERATIVA AURORA ALIMENTOS, pelo apoio, cooperação e incentivo à minha atualização profissional.

Aos meus colegas de trabalho Gerente P&D Rodrigo Schwert e a Coordenadora de Produtos P&D Lisiane das Neves Barbosa Lourenço, que contribuíram na execução dos trabalhos.

Aos meus pais Márcia e José pelos incentivos e parcerias diárias. A uma grande amiga que tive a honra de reaver nas aulas e pelas grandes viagens até a URI Liliane Alves dos Santos Wanderley. Por fim, ao meu esposo quem impulsionou a seguir este caminho.

RESUMO

MURARO, Karem. **Influência da adição de NaCl e emulsão de pele suína nas características de qualidade da Mortadela produzida em Industrial (f. 63)**. Dissertação (Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, 2019.

Os produtos cárneos emulsionados, como a mortadela, são consumidos em diversos países, por apresentar proteína de baixo custo, possibilitando o acesso desta às populações que não tem condições de suprir as quantidades mínimas de proteína diária. Atualmente, novos parâmetros foram incluídos na legislação brasileira, porém, as indústrias encontram dificuldades em cumprir os valores máximos determinados de atividade de água (0,955) e concentração de sódio (135mg/100g), nas mortadelas comercializadas à temperatura ambiente. Nesse sentido, no presente trabalho foram avaliadas diferentes formulações, variando as concentrações de emulsão de pele suína (1,5 a 5,5%) e cloreto de sódio (2 a 3%). Dentre as formulações, uma amostra de mortadela tradicional foi utilizada para a comparação dos resultados obtidos. As formulações 2, 3, 4, 5, 6 e 7 obtiveram resultados esperados para a atividade de água. O maior resultado encontrado foi de 0,9488 para o ensaio 2, com 5,5% de pele suína e 2% de cloreto de sódio, e o menor resultado foi de 0,9401, (ensaio 4), no qual foram acrescentadas (5,5 %) de pele suína e 3% de cloreto de sódio na formulação. Os ensaios 2, 5, 6 e 7 apresentaram valores de atividade de água e sódio dentro dos valores estipulados pela legislação. As formulações também atenderam aos parâmetros exigidos pela legislação brasileira, quando avaliadas as características físico-químicas (proteína total, gordura total, umidade total, amido e pH). Deste modo, este trabalho permitiu encontrar parâmetros para aprimorar as formulações de produtos emulsionados cozidos reduzidos de atividade de água e sódio.

Palavras-chave: Mortadela; Pele suína, Cloreto de sódio; Atividade de água.

ABSTRACT

MURARO, Karem. **Influence of the Addition of NaCl and Porcine Skin Emulsion on the Quality Characteristics of Mortadella Produced in Industry (f. 63).** Dissertação (Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, 2019.

Emulsified meat products, such as mortadella, are consumed in several countries because they offer low-cost protein, making it accessible to populations that are unable to satisfy the minimum amounts of daily protein. Recently, Brazilian legislation included new parameters for mortadella marketed at room temperature, but achieving the maximum values of water activity (0.955) and sodium concentration (135mg / 100g) is still a challenging task for the industry. To address the problem, the present work evaluated different formulations, modifying the emulsion concentrations of swine skin (1.5 to 5.5%) and sodium chloride (2 to 3%). Among the formulations, a sample of traditional mortadella was used to compare the obtained results. Formulations numbers 2, 3, 4, 5, 6, and 7 obtained expected results for water activity. The highest result found was 0.9488 in test number 2, with 5.5% porcine skin and 2% sodium chloride, and the lowest result was 0.9401 (in test number 4) when adding 5.5% of porcine skin and 3% of sodium chloride to the formulation. Tests numbers 2, 5, 6, and 7 presented values of water and sodium activity within the values stipulated by legislation. The evaluation of physical-chemical characteristics (total protein, total fat, total moisture, starch, and pH) attested that the formulations also met the parameters required by Brazilian legislation. In result, this work provided parameters to improve formulations of boiled emulsified products with reduced water and sodium activity.

Keywords: mortadella, swine skin, sodium chloride, water activity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Fluxograma da produção da mortadela.....	27
FIGURA 2. Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para teor de proteína total (%) das formulações de mortadela, respectivamente.....	33
FIGURA 3. Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para teor de gordura total (%) das formulações de mortadela, respectivamente.....	35
FIGURA 4. Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para teor de umidade total (%) das formulações de mortadela, respectivamente.....	36
FIGURA 5. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para o teor de amido.....	38
FIGURA 6. Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de Pele suína e cloreto de sódio para teor de atividade de água das formulações de mortadela, respectivamente.....	39
FIGURA 7. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para o teor de sódio.....	41
FIGURA 8. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para o pH.....	42
FIGURA 9. Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para os teores de dureza (a), adesividade (b), elasticidade (c) e mastigabilidade (d) das formulações de mortadela, respectivamente.....	45
FIGURA 10. Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para coesividade das formulações de mortadela, respectivamente.....	48
FIGURA 11. Análise dos Componentes Principais (ACP) para as variáveis proteína total (PT), gordura total (GT), amido (AM), umidade (UR), atividade de água (AW), sódio (Na ⁺), pH, dureza (RC), adesividade (AD), elasticidade (EL), coesividade (CO) e mastigabilidade (MA) específica das formulações de Mortadela (7 ensaios do planejamento fatorial completo 2 ² (a) e da mortadela tradicional (b).....	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Variáveis independentes e níveis utilizados no planejamento fatorial 2 ² para formulação de mortadela.....	26
TABELA 2: Matriz do planejamento fatorial 2 ² (valores codificados e reais) e resposta em proteína total (PT), gordura total (GT), amido (AM), umidade (U), atividade de água (aw), sódio (Na ⁺) e pH.....	31
TABELA 3: Matriz do planejamento fatorial 2 ² (valores codificados e reais) e resposta para o perfil textura – TPA para dureza (RC), adesividade (AD), elasticidade (EL), coesividade (CO) e mastigabilidade (MA) das formulações de mortadela.....	44
TABELA 4: Matriz de correlação de Pearson com variáveis (proteína total, gordura total, amido, umidade, atividade de água, sódio, pH e os parâmetros de textura – dureza adesividade, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) avaliadas nas formulações de mortadela aplicando o planejamento fatorial 2 ²	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	REFERÊNCIA TEÓRICO	14
3.1	Mortadela	14
3.1.1	Processo Produtivo da mortadela	17
3.2	Estabilidade de produtos cárneos emulsionados	18
3.2.1	Emulsão	18
3.2.1.1	Teor de proteína solubilizada e pH	20
3.2.1.2	Temperatura	21
3.2.1.3	Tamanho da partícula	22
3.2.1.4	Influência da Atividade de Água (a_w).....	22
3.3	Características de qualidade de mortadela	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Formulação do produto	24
4.2	Determinações analíticas	27
4.2.1	Umidade, proteína e gordura	27
4.2.2	Sódio.....	28
4.2.3	Atividade de água (A_w)	28
4.2.4	pH.....	28
4.2.5	Textura	28
4.3	Tratamento estatístico	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1	Características físico-químicas.....	29

5.1.1	Proteínas Totais	31
5.1.2	Gorduras Totais	33
5.1.3	Umidade Total.....	34
5.1.4	Amido	36
5.1.5	Atividade de água	37
5.1.6	Sódio.....	39
5.1.7	pH.....	40
5.2	Perfil textura	42
5.3	Correlação das características físico-químicas e reológicas	48
6	CONCLUSÕES	51
7	BIBLIOGRAFIA.....	52
	APÊNDICE A – Tratamento estatístico dos dados.....	61

1 INTRODUÇÃO

Os produtos cárneos são considerados importante mercado para as indústrias do setor. A mortadela é considerada um embutido versátil e de fácil acesso a todas as classes sociais, devido a sua peculiar característica de *shelf stable* (conservação à temperatura ambiente) pela combinação de diversas barreiras entre as quais se destaca a atividade de água (*aw*). Outro ponto a destacar é a possibilidade de acesso à proteína cárnea por um contingente populacional que não tinha condições de suprir a quantidade mínima diária recomendada de proteína consumindo carne (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2006).

De acordo com Sidone et al. (2017), o teor de cloreto de sódio necessário para atingir os valores de atividade de água (*aw*) de no máximo 0,955 é aproximadamente 3,54%. Este valor influencia de forma significativa o alto percentual de sódio no produto acabado, não atendendo, desta forma, o acordo estabelecido entre a ANVISA (agência nacional de vigilância sanitária) e as indústrias frigoríficas (BRASIL, 2013). Com esta informação e devido aos altos índices de hipertensão apontados pelas estatísticas nacionais (SBH, SBC e SBN, 2004), surge a necessidade de se avaliar alternativas para elaboração de um produto que garanta a segurança para o consumidor.

Nesse sentido, o Ministério da Saúde juntamente com as Associações das Indústrias Alimentícias vem procurando estratégias para alcançar a meta de redução do consumo de sal pela população brasileira, estipulada em 5g (2000mg de sódio) de sal por pessoa/dia até 2020, de acordo com recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS). Dessa forma, para mortadela conservada à temperatura ambiente, foram estabelecidos os valores máximos de 1350mg para 100g de sódio (ANVISA, 2013 e WHO, 1990), já que o excesso da ingestão de sódio tem se mostrado um importante fator de risco para hipertensão arterial e conseqüentemente, pode desencadear outras doenças cardiovasculares ao lado de outros fatores como obesidade, fumo e sedentarismo segundo critérios estabelecidos pelas IV Diretrizes Brasileira de Hipertensão Arterial (SBH, SBC e SBN, 2007).

Entre os sólidos solúveis permitidos para esta categoria, certamente o mais versátil é o cloreto de sódio, pois, além do seu conhecido papel no sabor do produto,

contribui para a extração proteica e a redução da atividade de água, especialmente quando os valores requeridos para este atributo são baixos. A pele suína, por sua vez, apresenta alto valor proteico, que é o principal responsável pela retenção de água, contribuindo para a redução de sua atividade (ORDONEZ et al., 2007).

O Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), através dos Ofícios-Circulares 005/2015 (CGI/DIPOA/SDA), estabelece o controle de atividade de água de no máximo 0,955 para as mortadelas “estáveis à temperatura ambiente” (BRASIL, 2015).

Nesse contexto, este trabalho visou elaborar, em escala industrial, diferentes formulações de mortadela, variando as concentrações de cloreto de sódio e emulsão de pele suína, com a finalidade de atender os padrões descritos no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (BRASIL, 2004).

Cabe citar que, a quantidade de pele suína e os teores de sal e umidade contribuem para o controle dos valores de atividade de água (aw) em produtos cárneos, sendo assim um parâmetro crítico para crescimento de micro-organismos, de acordo com o Lal Dar, et al. (2014). Desta forma, faz-se o uso de pele suína, por apresentar a proteína de colágeno, e esta por apresentar-se em abundância nos animais de abate, podendo atingir até 30% do total de proteínas (ORDONEZ, et al., 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência de diferentes concentrações de cloreto de sódio e emulsão de pele suína nas características físico-químicas e reológicas de mortadela, em comparação a formulação tradicional, em escala industrial.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar formulações de mortadela tradicional e variando as concentrações de NaCl e emulsão de pele suína empregando metodologia de planejamento de experimentos;

- Avaliar as características físico-químicas (proteína, umidade, gordura, amido, sódio, atividade de água e pH) das formulações tradicional e elaboradas com diferentes concentrações de pele suína e sódio através de análises

- Analisar o perfil textura (perfil textura: dureza - RC, adesividade - AD, elasticidade - EL, coesividade - CO e mastigabilidade - MA) das formulações tradicional e elaboradas com diferentes concentrações de pele suína e sódio;

- Determinar a correlação entre as variáveis estudadas.

3 REFERÊNCIA TEÓRICO

3.1 Mortadela

Neste item será apresentada uma breve revisão da literatura sobre a mortadela por tratar-se de um embutido emulsionado que apresenta mundialmente alta aceitação pelos consumidores quando comparado aos demais produtos cárneos processados. Esta se popularizou no Brasil, por tratar-se de um produto elaborado a partir de carnes de várias espécies de animais e por possuir uma legislação que permite vasta classificação (GUERRA, 2010).

Produtos cárneos emulsionados como as salsichas, salsichões e mortadelas são populares e consumidos em refeições rápidas. Representam um relevante segmento das carnes processadas fazendo parte do consumo dos brasileiros, com considerável importância na economia nacional (BETANHO et al., 1994). A classe das mortadelas, por sua excelente relação custo/benefício, representa expressiva parcela do total do volume comercializado de produtos embutidos cárneos emulsionados (YUNES, 2010).

Com a evolução da tecnologia de produção dos produtos cárneos, a mortadela possibilitou o acesso da proteína cárnea a uma parte da população com dificuldade de suprir a quantidade mínima diária de proteína recomendada, quando consumindo na forma de carne *in natura*. Ao longo dos anos a tecnologia possibilitou unir à funcionalidade da proteína cárnea, a propriedade sensorial, fazendo da mortadela um produto apreciado por todas as classes sociais (YUNES, 2010).

As salsichas e mortadelas são denominadas produtos emulsionados por serem fabricados a partir do refino de carnes e mistura de ingredientes até a obtenção de uma massa homogênea (BATER e MAURER, 1991 e FOEGEDING, 1989). A massa cárnea é elaborada através da cominuição das carnes e a mistura de gelo ou a água, sal e outros ingredientes. A água e o sal adicionados formam uma salmoura que favorece a dissolução das proteínas miofibrilares, o que contribui diretamente para a estabilidade da emulsão (ORDONEZ et al., 2007).

A mortadela por tratar-se de um produto emulsionado, refinado e cozido utiliza frequentemente em suas formulações, quando permitido, a carne mecanicamente separada de frango (CMS), principalmente pelo baixo custo e por apresentar pequenos fragmentos provenientes do aproveitamento da carne aderida aos ossos. O uso de CMS em salsichas e produtos de frango reestruturados foi reportado por (CORREIA et al., 2007 e TRINDADE et al., 2004). A adição de determinado ingrediente e a forma de processamento influenciarão diretamente nos atributos de qualidade, tais como cor, aroma, sabor, suculência e maciez dos produtos, sem se excluírem os parâmetros de segurança alimentar (VANDENDRIESSCHE, 2008).

A contribuição do colágeno na textura pode ser vantajosa e apresentar melhor aspecto, quando aplicado na proporção de até 7%. Desta forma, faz-se o uso de pele suína, por apresentar a proteína de colágeno, e esta por apresentar-se em abundância nos animais de abate, podendo atingir até 30% do total de proteínas. É também considerada a principal proteína do tecido conectivo ou conjuntivo (ORDONEZ, et al., 2007 e RAMOS e GOMIDE, 2007). Estima-se que apenas 12% da variação da textura estejam relacionadas com o conteúdo do tecido conjuntivo (RAMOS e GOMIDE, 2007 e FORREST et al., 1979). Para viabilizar a utilização da pele suína na indústria de alimentos, uma das formas é a elaboração de emulsões.

O colágeno tem grande importância na indústria de alimentos por apresentar alto valor proteico, atuando como um agente emulsificante complementar, conferindo estabilidade à massa de emulsionados e atuando na textura (ORDONEZ, et al., 2007 e BAILEY e LIGHT, 1989). A proteína de colágeno vem sendo utilizada na indústria de alimentos para melhorar a elasticidade, consistência e estabilidade dos alimentos (OLIVO e HIMOKOMAKI, 2002).

A quantidade de pele suína e os teores de sal e umidade contribuem para o controle dos valores de atividade de água (a_w) em produtos cárneos, sendo assim um parâmetro crítico para crescimento de micro-organismos, de acordo com o Lal Dar, et al. (2014). Além disso, o valor a_w é um parâmetro importante para garantir a segurança de um longo período de maturação de produtos, a exemplo do presunto curado a seco (PITTIA e PAPARELLA, 2016).

O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) classifica os embutidos cárneos como:

“Todos os produtos elaborados com carne ou órgãos comestíveis curados ou não, condimentados, cozidos ou não, defumados e dessecados ou não, tendo como envoltório tripa, bexiga ou membrana animal” (BRASIL, 2017).

De acordo com a definição da legislação brasileira, a mortadela é um produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão de carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas, e submetido ao tratamento térmico adequado. Suas características podem variar de acordo com a classificação do produto, que compreende desde a mortadela conhecida como popular até as mais elaboradas, como as Mortadelas Bologna e Italiana (BRASIL, 2000).

A Mortadela, de acordo com a composição da matéria-prima e das técnicas de fabricação, pode ser classificada em:

- Mortadela, podendo conter carnes de diferentes espécies de animais de açougue, carnes mecanicamente separadas até o limite máximo de 60%; miúdos comestíveis de diferentes espécies de animais de açougue (Estômago, Coração, Língua, Fígado, Rins, Miolos), pele e tendões no limite de no máximo 10% e gorduras (BRASIL, 2000).
- Mortadela Tipo Bologna, podendo conter carnes Bovina e/ou suína e/ou ovina e carnes mecanicamente separadas até o limite máximo de 20%, miúdos comestíveis de bovino e/ou suíno e/ou ovino (Estômago, Coração, Língua, Fígado, Rins, Miolos), pele e tendões no limite de no máximo 10% e gorduras (BRASIL, 2000).
- Mortadela Italiana, podendo conter porções musculares de carnes de diferentes espécies de animais de açougue e toucinho, não sendo permitida a adição de amido (BRASIL, 2000).
- Mortadela Bologna, podendo conter porções musculares de carnes bovina e/ou suína e toucinho, embutida na forma arredondada, não sendo permitida a adição de amido (BRASIL, 2000).

- Mortadela de Carne de Ave, podendo conter carne de ave, carne mecanicamente separada no máximo de 40%; até 5% de miúdos comestíveis de aves (Fígado, Moela e Coração) e gordura (BRASIL, 2000).

O padrão de identidade e qualidade (PIQ) estabelece os padrões físico-químicos da mortadela popular são: Carboidratos totais no máximo de 10%; amido máximo de 5,0%; Umidade máxima de 65%; Gordura máxima de 30%; Proteína no mínimo de 12%; Teor de cálcio em base seca no máximo de 0,9%. O somatório entre carboidratos e amido não deverá ultrapassar 10% (BRASIL, 2000), e os padrões microbiológicos devem seguir os parâmetros do regulamento técnico sobre padrões microbiológicos, que define critérios e padrões de micro-organismos (BRASIL, 2001).

Como ingredientes opcionais, as mortadelas podem apresentar água, gordura animal e/ou vegetal, proteína vegetal e/ou animal, aditivos intencionais, agentes de liga, açúcares, aromas, especiarias, condimentos e proteínas não cárnicas de no máximo 4,0% e, nas Mortadelas Bologna e Italiana, é permitido somente às proteínas lácteas (BRASIL, 2000). A adição de aditivos alimentares e seus limites nas mortadelas são estabelecidos através da Instrução Normativa 51/2006 (BRASIL, 2006).

3.1.1 Processo Produtivo da mortadela

A Indústria de alimentos dispõe de diferentes tecnologias para processamento de mortadela. O fluxo utilizado para a elaboração compreende as seguintes etapas: seleção e pesagem de ingredientes e matérias-primas, moagem e refino das carnes, mistura das matérias-primas e ingredientes, emulsificação, mistura de toucinho (se houver), embutimento (embalagem primária), cozimento, defumação (se houver), resfriamento e embalagem secundária (OLIVO, 2006).

As mortadelas são compostas principalmente de carnes, pele de diferentes espécies de animal, gordura de diferentes espécies de animal, proteínas vegetais e carboidrato complexo. Em menor percentual, os condimentos, especiarias e outros ingredientes e aditivos aprovados pela legislação. O processamento desses produtos

envolve a preparação de uma emulsão por mistura, seguido de corte fino, revestimento e tratamento térmico (aquecimento/resfriamento). O processamento térmico é limitado ao tempo necessário para que o centro geométrico do produto atinja uma faixa de temperatura de 72°C-75°C (BOU et al., 2004; CARBALLO et al., 1996).

O rompimento da estrutura fibrosa da carne, no processo de emulsificação, aumenta a exposição das proteínas. A adição e mistura do cloreto de sódio e íons fosfato gera uma mudança na carga elétrica e abre a estrutura dessas proteínas, aumentando sua solubilidade na fase aquosa, resultando no intumescimento das proteínas, o qual produz a matriz viscosa, e na emulsificação dessas proteínas solubilizadas, glóbulos de lipídeos e água (PEARSON, A. M. e GILLET, T.A, 1996).

A quantidade de água, proteínas miofibrilares e gordura, bem como as condições de processamento, são parâmetros que podem interferir na instabilidade de emulsão cárnea. O aumento da temperatura na etapa de emulsificação pode levar à desnaturação proteica, insolubilizando as proteínas, principalmente a miofibrilar (TERRA, TERRA e TERRA, 2004).

3.2 Estabilidade de produtos cárneos emulsionados

3.2.1 Emulsão

Emulsão de carne pode ser considerada como uma mistura composta de tecido muscular, partículas de gordura, água e proteínas solubilizadas combinadas por diferentes forças de atração (GORDON e BARBUT, 1992). Desta forma, a emulsão pode ser realizada utilizando-se diferentes cortes/recortes de matérias-primas cárneas, como por exemplo, pele de frango, pele suína, carne mecanicamente separada (CMS) e água.

A elaboração da emulsão é de extrema importância para produção de produtos cárneos emulsionados, como a mortadela. É importante salientar que a emulsificação não depende somente da qualidade das matérias-primas, mas também de outros aspectos como o modo de preparo em cada etapa do processo, o tamanho das

partículas e a extração de agentes emulsificantes (VICTORINO, 2008 e BAÑÓN et al, 2008).

Segundo Foegeding (1988), as proteínas, consideradas agentes emulsificantes, são os principais constituintes que formam a estrutura dos produtos cárneos e interferem na textura do produto. A miosina, uma dessas proteínas, é um dos principais fatores na agregação térmica necessária para a formação da estrutura (EGELANDSDAL et al., 1986). Por outro lado, outros componentes não cárneos, como a proteína de soja, normalmente são encontrados em emulsões cárneas como agentes emulsificantes.

Apesar da mortadela não se enquadrar na definição clássica de emulsão (dois líquidos imiscíveis, dispersos no estado coloidal), a estrutura e propriedades físicas da massa se assemelham a uma emulsão verdadeira, propriedade conferida principalmente pelas proteínas miofibrilares e gordura (CANHOS e DIAS, 1983). As propriedades das emulsões são influenciadas principalmente pela temperatura, composição e distribuição do tamanho das gotículas. Mas, na Indústria, a emulsificação é controlada de maneira empírica (FERRIS et al., 2009 e CALDERON et al., 2007).

A estrutura básica de uma emulsão cárnea baseia-se em uma mistura na qual os constituintes cárneos dispersam-se em gordura em água, chamada fase contínua. A emulsão cárnea pode ser considerada uma mistura na qual os constituintes cárneos são dispersos e estabilizados em gordura em água. A fase descontínua é a gordura e a fase contínua é a composta por uma solução aquosa de sais e proteínas miofibrilares solúveis em sal, segmentos de fibras musculares e vários outros ingredientes (ORDONEZ et al., 2007; SHIMOKOMAKI et al., (2006) e XIONG, 2004).

Na etapa do refino, ocorre uma orientação estrutural na interface água/gordura, onde ocorre diminuição da energia livre total do sistema, de acordo com as leis da termodinâmica. Para assegurar a estabilidade da emulsão a qual influencia a estabilidade dos produtos cozidos, faz-se necessário a redução das partículas e extração das proteínas musculares em quantidades adequadas, pois nesta etapa ocorre a formação de uma membrana flexível e viscoelástica ao redor dos glóbulos de gordura (MANDIGO e ESQUIVEL, 2004; XIONG, 2004; CANHOS e DIAS, 1983).

A viscosidade da massa cárnea diminui quando a temperatura está acima do ponto de fusão da gordura, onde a menor densidade das partículas de gordura favorece o deslocamento à superfície. A matriz de proteína, diante das transições térmicas passa por diversas fases de transição. Entre 40-50°C inicia o processo de desnaturação e gelificação da miosina. Próximo de 60°C, já com certa estabilidade no sistema, o colágeno se funde e ocorre degradação a gelatina acima de 70°C. A estrutura é reforçada entre 72 e 83°C, quando a actina é desnaturada. E a gordura dentro do sistema inicia seu processo de fusão antes que a gelificação da matriz proteica esteja finalizada (ORDONEZ et al., 2007 e MANDIGO e ESQUIVEL, 2004).

A emulsão é estabilizada após o cozimento quando glóbulos de gordura e outros componentes são imobilizados pela gelificação da matriz proteica e as propriedades características do produto final são alcançadas. A estabilidade da emulsão pode ser medida pela quantificação da perda de gordura e umidade a partir da massa crua durante o cozimento, devido à formação de canais através da matriz permitindo a migração desse fluido para a superfície do produto. Fatores físicos como tempo de mistura, velocidade do cutter e temperatura influenciam a estabilidade da emulsão cárnea (IGNÁCIO, 2011).

Segundo Shimokomaki et al. (2006) o principal fator de qualidade de uma massa cárnea está relacionado com a estabilidade final, e esta, com a retenção de água e gordura obtendo-se assim, a textura desejada. A quantidade de gordura adicionada depende da classificação da mortadela a ser elaborada. Além disso, a qualidade está relacionada com a quantidade de proteínas musculares. O aumento da proporção de gordura e colágeno melhora a qualidade do produto, porém, é inversamente proporcional quando ocorre redução de proteínas (MOHAMMED et al., 2015).

3.2.1.1 Teor de proteína solubilizada e pH

No preparo da emulsão, a carne magra é triturada com sal para facilitar a extração proteica antes da adição de produtos com alto teor de gordura. Com o aumento do teor de proteína solubilizada, aumenta também a estabilidade da emulsão, portanto, a extração de proteína solubilizada é de fundamental importância

para a obtenção de uma emulsão estável. O aumento do pH aumenta o rendimento da extração das proteínas. À medida que o pH cai, ele se aproxima do ponto isoelétrico, ou ponto de menor solubilidade da actomiosina, quebrando a emulsão. Assim, todos os fatores pré e pós-mortem que influem no pH da carne afetam também a estabilidade da emulsão. A qualidade da proteína também é importante, já que as proteínas miofibrilares, actina e miosina, solúveis em sal são melhores agentes emulsificantes que as proteínas sarcoplasmáticas (CANHOS e DIAS, 1983).

A concentração hidrogeniônica que determina o pH dos alimentos é um fator de importância fundamental na limitação dos tipos de micro-organismos capazes de se desenvolver nesse ambiente, exercendo influência sobre o crescimento, a sobrevivência ou a destruição destes micro-organismos (SILVA, 2000). O pH de um alimento influencia na velocidade de multiplicação dos microrganismos e por consequência, na sua qualidade durante o armazenamento, tratamento térmico e dessecação. Desta forma, é diretamente responsável pela deterioração de produtos alimentícios (SILVA, 2000).

3.2.1.2 Temperatura

A Temperatura controlada auxilia na liberação de proteínas solúveis e melhora as características de fluidez da massa. A temperatura final da emulsão menor que 3 °C não é recomendada, pois dificulta a extração das proteínas. As temperaturas altas podem romper a emulsão, através da desnaturação de proteínas solúveis durante o tratamento térmico subsequente, acarretando a diminuição da viscosidade da emulsão e também ocasionando a fusão e aumento do tamanho das partículas de gordura. Daí a necessidade de proteínas emulsificantes (FERRIS et al, 2009, SIRIPURAPU et al., 1987 e CANHOS e DIAS, 1983).

3.2.1.3 Tamanho da partícula

Para formar uma emulsão, a gordura deve ser refinada até se apresentar em pequenas partículas. No entanto, com o decréscimo do tamanho das partículas haverá um aumento proporcional da área total superficial. Com este aumento será necessário maior número de proteína solúvel para englobar as partículas menores de gorduras. Portanto, uma trituração excessiva da gordura pode ocasionar uma quebra da emulsão por falta de agentes emulsionantes, chamados de proteínas solúveis (CANHOS e DIAS, 1983; SIRIPURAPU et al., 1987 e FERRIS et al., 2009).

A quebra da emulsão, na realidade, nada mais é do que a reagrupação das pequenas partículas de gordura formando partículas maiores visíveis, aumentando de tamanho. Normalmente, na etapa do tratamento térmico (cozimento), ocorre a quebra da emulsão, pois, no momento do aquecimento, a gordura começa a fundir, aumentando a tendência de coalescência (agregação). Ocorre menor probabilidade de quebra de emulsão nas partículas cobertas com a proteína solubilizada (agente emulsificante), sendo um fator desejável nos produtos cárneos emulsionados. Outro fator que influi na qualidade da emulsão cárnea são os componentes da formulação, tais como o tipo de carne utilizada e demais ingredientes que contribuem positiva ou negativamente (CANHOS e DIAS, 1983).

3.2.1.4 Influência da Atividade de Água (a_w)

As mortadelas são classificadas como de alta A_w , o que pode favorecer a proliferação de micro-organismos (BARRETTO e POLLONIO, 2009). Para redução dos valores de atividade de água, frequentemente são utilizados produtos comerciais que, além de outras propriedades tecnológicas, ajudam a diminuir estes valores. Brasileiro (2014) estudou a atividade de antimicrobianos comerciais como o lactato de sódio, fumaça líquida e extrato de alecrim no controle de *Listeria monocytogenes* em mortadelas e salsichas, demonstrando que os produtos cárneos apresentam alta atividade de água, de até 0,970. Viuda-Martos et al. (2010) ao avaliar mortadelas com adição de fibra de laranja (1%), óleo essencial de alecrim (0,02%) e óleo essencial de

tomilho (0,02%) encontraram valores de atividade de água que variaram de 0,87 a 0,89.

Thiel (2018) também avaliou os efeitos da adição de diferentes ingredientes na atividade de água e estabilidade de mortadela comercializada a temperatura ambiente. Dentre os ingredientes avaliados o amido de milho, a proteína de soja, o leite em pó e o açúcar demonstraram a capacidade de ligar a água livre e, com isso, diminuir a umidade e a atividade de água em produtos cárneos emulsionados.

A fim de avaliar a estabilidade microbiológica dos produtos na indústria da carne, a aw é amplamente utilizada como uma ferramenta para controle de qualidade, através do uso de instrumentos de baixo custo e tempo limitado de análise (SANTOS-GARC et al., 2010).

3.3 Características de qualidade de mortadela

No mercado consumidor atual, o aroma e sabor agradáveis, a cor e textura desejáveis, tornaram-se pré-requisitos para o desenvolvimento de um novo produto. Para isso, faz-se necessário o conhecimento da composição, estrutura e condições do processo e de que forma esses fatores influenciarão os aspectos sensoriais, o valor nutricional, a segurança, o custo e o marketing (BOURNE, 2002).

O consumidor classifica a carne em um grupo crítico onde a qualidade da textura é uma característica dominante, influenciando na aceitação global dos alimentos. A textura pode ser medida em função da massa, tempo e distância. Isso porque as propriedades de textura são consideradas características físicas dependentes da estrutura do alimento, sendo detectadas pela sensação do contato (deformação, desintegração, fluxo do alimento sob uma força) (BOURNE, 2002).

O princípio da análise de perfil de textura (TPA) se dá pela padronização do formato e tamanho das amostras, para que possam ocorrer replicações. As amostras são dispostas sobre o texturômetro que utilizará da ação física, comprimindo e descomprimindo duas vezes por um cilindro.

De acordo com Bejerholm e Aaslyng (2004), uma das ferramentas para avaliar as mudanças físicas e bioquímicas que ocorrem durante o processo de cozimento em

produtos cozidos, tais como mortadela, é aplicar a textura sensorial pela sensação na boca percebida durante a mastigação. Esta avaliação é dividida em três atributos: atributos relativos ao processo de quebra (dureza, etc); atributos relacionados à estrutura durante a mastigação (fibrosidade, elasticidade, etc) e atributos relacionados com o fim da mastigação (tempo de mastigação, etc).

O sal é usado para conferir sabor, textura e extensão da vida útil dos produtos cárneos. O cloreto de sódio tem um importante papel na textura de muitos produtos cárneos em função da extração das proteínas miofibrilares e a incorporação de água ao produto através da formação de géis estáveis após cozimento (TERRELL, 1983). O efeito preservativo do sal é devido à habilidade em diminuir a atividade de água do produto (SOFOS, 1984).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste item serão apresentados aspectos relacionados às metodologias de formulação e caracterização do produto mortadela.

4.1 Formulação do produto

A mortadela, emulsionado cárneo, foi elaborada em escala industrial com variação do teor de cloreto de sódio e pele suína (emulsão), mediante o emprego de um planejamento fatorial 2^2 . As variáveis independentes de estudo e seus respectivos níveis encontram-se descritos na Tabela 1, com os valores codificados (reais) das variáveis independentes. Os níveis foram definidos com base em ensaios preliminares e atendendo ao regulamento técnico de qualidade e identidade para mortadela (BRASIL, 2000). As demais variáveis independentes relacionadas à formulação foram fixadas: água, carne suína, carne mecanicamente separada de ave (CMS), gordura suína (quantidades não declaradas). As condições operacionais fixas foram: tempo

de mistura (30 min), velocidade de agitação (60 RPM), temperatura das matérias-primas (6°C e -12°C) e da água (22°C).

Afim de comparação foi desenvolvida uma formulação de mortadela tradicional, sem adição de pele suína (n = 3), foi elaborada tendo em sua composição concentrações diferenciadas de carne suína, carne mecanicamente separada de ave (CMS), gordura suína, água e cloreto de sódio (quantidades não declaradas), sendo que as condições operacionais foram às mesmas citadas anteriormente.

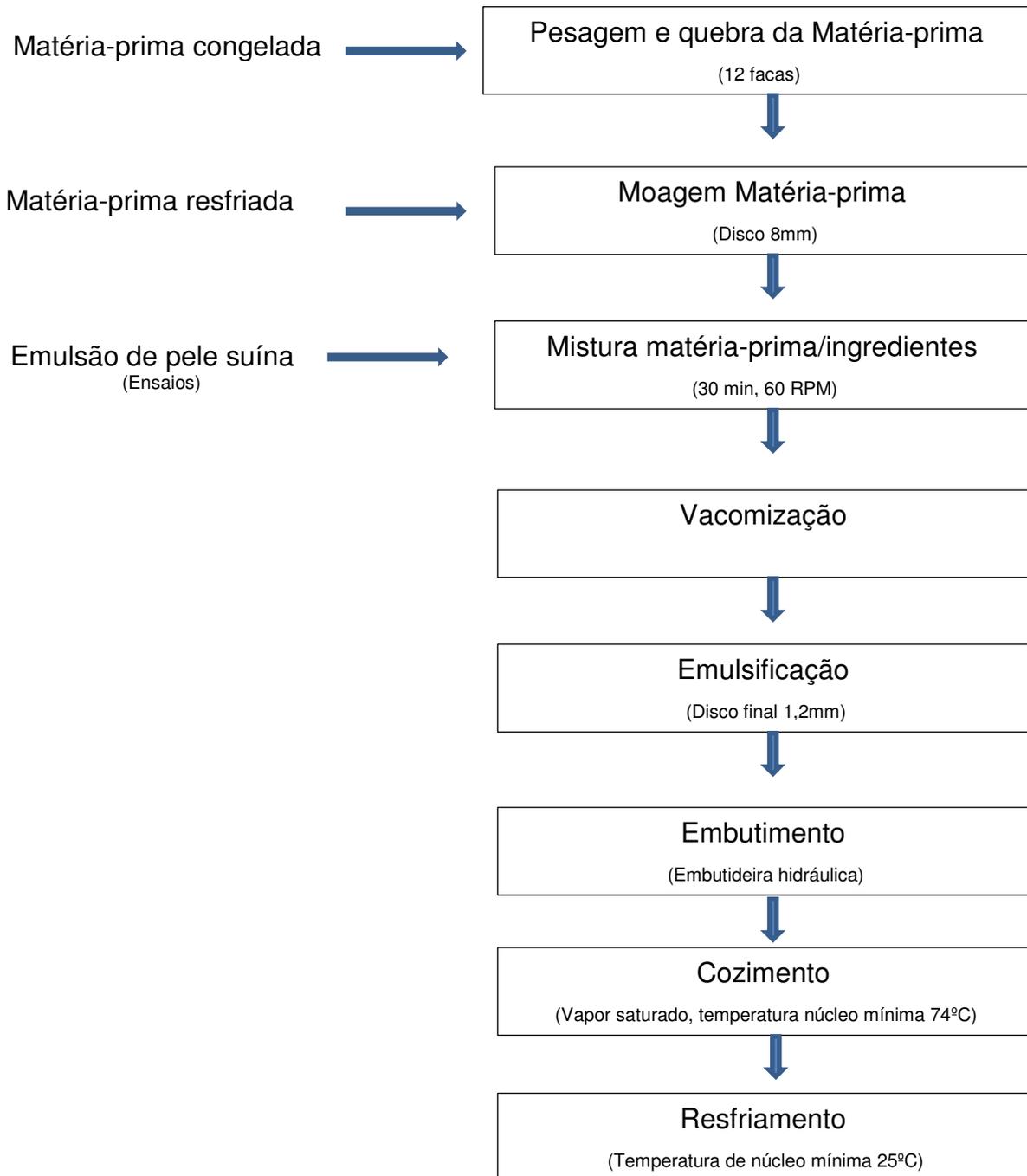
Tabela 1: Variáveis independentes e níveis utilizados no planejamento fatorial 2² para formulação de mortadela.

<i>Variáveis Independentes</i>	<i>Níveis</i>			
	<i>Código</i>	<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>+1</i>
<i>Pele suína (%)</i>	<i>X1</i>	<i>1,5</i>	<i>3,5</i>	<i>5,5</i>
<i>Cloreto de sódio (%)</i>	<i>X2</i>	<i>2</i>	<i>2,5</i>	<i>3</i>

*Variáveis Independentes Fixas: água, carne suína, carne mecanicamente separada de ave (CMS), gordura suína (quantidades não declaradas); As condições operacionais fixas foram: tempo de mistura (30 min), velocidade de agitação (60 RPM), temperatura das matérias-primas (6°C e -12°C) e da água (22°C); número de formulações n = 3.

Como variáveis dependentes (respostas) do planejamento fatorial 2² e da formulação tradicional (sem pele suína) avaliaram-se a proteína total (PT), gordura total (GT), amido (AM), umidade (U), atividade de água (aw), sódio (Na+), pH e parâmetros de textura – TPA (dureza (RC), adesividade (AD), elasticidade (EL), coesividade (CO) e mastigabilidade (MA)).

Na Figura 1 encontra-se o fluxograma de elaboração das formulações das mortadelas.

Figura 1: Fluxograma da produção da mortadela.

Fonte: Autor próprio

As matérias-primas congeladas foram trituradas e encaminhadas juntamente com as matérias-primas resfriadas até o moedor (Hobart), cuja finalidade é reduzir o tamanho da partícula da matéria-prima (aproximadamente 8 mm), aumentando a área de contato. Posteriormente foram encaminhadas para a misturadeira (Beccaro), para mistura dos ingredientes e aditivos (30 min.).

Após o término da mistura, a massa passou pelo processo de vacuomização (Cozzini), com misturador do tipo pá e bomba de vácuo dupla para a retirada de bolhas de ar do meio da massa, e pelo emulsificador (Cozzini) com disco de saída de 1,2 mm, para refinar e homogeneizar as partículas da massa.

A massa foi conduzida para o processo de embutimento, utilizando uma embutideira hidráulica acoplada (Hantdmann) e Grampeadeira (Poly-Clip) de funil com calibre 36 mm, embutidas em tripa artificial para obtenção de mortadelas com 2,5 kg, com calibre de 97 mm de diâmetro e comprimento de 380 mm tripa artificial.

Em seguida, as amostras de mortadela foram submetidas ao processo de cozimento em estufa (Maurer, Alemanha), utilizando-se vapor saturado, permanecendo até atingirem a temperatura no núcleo do produto de, no mínimo, 74 °C e processo de resfriamento, até atingirem a temperatura no núcleo do produto de, no mínimo, 25 °C. Para o controle de temperatura utilizou-se sensores (PT-100) acoplados no interior da estufa.

4.2 Determinações analíticas

4.2.1 Umidade, proteína e gordura

A determinação de umidade, proteína e lipídeos totais foram realizadas de acordo com metodologias analíticas proposta pelo MAPA (BRASIL, 2017).

Determina o teor de umidade (%*U*) da amostra de acordo com ISO 1442.

Determina o teor de proteína (%*P*) da amostra de acordo com a norma ISO 1871, utilizando fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25.

Determina lipídios totais utilizando o método descrito na norma ISO 1443.

4.2.2 Sódio

Para análise de sódio as amostras foram determinadas conforme a metodologia descrita na ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of the AOAC International, 20th ed. Maryland/USA: AOAC, 2016.

4.2.3 Atividade de água (Aw)

A atividade de água (a_w) foi determinada pelo procedimento do Aqualab models Series 4 and 4TE, efetuando-se a calibração do aparelho com água deionizada e solução de NaCl com 0,819 de a_w até sua estabilização, e em seguida realizada a leitura da $a_w/T^\circ\text{C}$ na massa crua da amostra.

4.2.4 pH

Foi utilizado um potenciômetro de pH AKSO modelo AK 96 de leitura direta para sólidos calibrado com solução a pH 3,0 e 7,0 (IAL, 2008).

4.2.5 Textura

O perfil de Textura das diferentes amostragens foi realizado com as mortadelas em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) preparadas com cubos de 20 mm em um texturômetro (Stable Micro Systems modelo TA. XT), com célula de carga de 10 kg com sonda cilíndrica de aço inoxidável de fundo chato (31,8 mm de diâmetro), distância de calibração a 55 mm de altura da probe, velocidade de pré-teste em 3 mm/s, velocidade de teste em 1 mm/s e 3 mm/s, com força máxima requerida para comprimir o peso inicial em 40 % (a força máxima requerida para comprimir o peso inicial foi determinada após ensaios experimentais) e 5 s de retorno.

4.3 Tratamento estatístico

Os resultados do planejamento fatorial 2^2 foram tratados estatisticamente metodologia de planejamento de experimentos e também mediante análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de “Tukey” com auxílio do software *Statistica* versão 7.0, com nível de significância de 95 % de confiança. A análise de correlação de Pearson e dos Componentes Principais (ACP) foi realizada pelo software XLSTAT.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item serão apresentados os resultados encontrados para proteína total (PT), gordura total (GT), amido (AM), umidade total (U), atividade de água (aw), sódio (Na⁺), pH e os parâmetros de textura – TPA para dureza - RC, adesividade - AD, elasticidade - EL, coesividade - CO e mastigabilidade – MA em formulações de mortadela elaboradas com diferentes concentrações de cloreto de sódio e emulsão de pele suína.

5.1 Características físico-químicas

A Tabela 2 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^2 com os valores codificados (reais) das variáveis independentes estudadas e as respostas em proteína total (PT), gordura total (GT), amido (AM), umidade total (U), atividade de água (aw), sódio (Na⁺) e pH.

Tabela 2: Matriz do planejamento fatorial 2² (valores codificados e reais) e resposta em proteína total (PT), gordura total (GT), amido (AM), umidade total (U), atividade de água (aw), sódio (Na⁺) e pH.

Ensaio	Variáveis Independentes*		PT (%)	GT (%)	AM (%)	U (%)	AW	Na+ (mg/100g)	pH
	X₁	X₂							
1	-1 (1,5)	-1 (2,0)	12,58 ^d ±0,021	19,01 ^e ±0,021	3,39 ^b ±0,015	55,48 ^b ±0,035	0,9567 ^b ±0,00017	1134,4 ^f ±1,966	6,67 ^c ±0,021
2	1 (5,5)	-1 (2,0)	13,69 a±0,068	19,72 ^b ±0,011	3,59 ^a ±0,021	54,01 ^e ±0,020	0,9488 ^c ±0,00010	1185,6 ^e ±1,120	6,67 ^a ±0,011
3	-1 (1,5)	1 (3,0)	12,98 ^c ±0,023	18,95 ^f ±0,100	3,43 ^b ±0,011	55,26 ^c ±0,035	0,9415 ^e ±0,00010	1458,0 ^a ±0,555	6,69 ^a ±0,011
4	1 (5,5)	1 (3,0)	13,65 ^a ±0,404	19,62 ^c ±0,017	3,33 ^b ±0,021	53,97 ^e ±0,021	0,9401 ^f ±0,00006	1440,5 ^b ±1,286	6,70 ^a ±0,010
5, 6, 7**	0 (3,5)	0 (2,5)	13,30 ^b ±0,003	19,46 ^d ±0,011	3,33 ^b ±0,002	54,67 ^d ±0,011	0,9474 ^d ±0,00007	1199,0 ^d ±2,378	6,68 ^a ±0,005
8***	-	-	12,04 ^e ±0,025	22,17 ^a ±0,015	3,08 ^c ±0,010	58,12 ^a ±0,025	0,9720 ^a ±0,00115	1377,1 ^c ±0,888	6,71 ^b ±0,011

*X₁= Pele suína (%), X₂= Cloreto de sódio (%). Variáveis independentes fixas: água, carne suína, carne mecanicamente separada de ave (CMS), gordura suína (quantidades não declaradas; n = 3). As condições operacionais fixas foram: tempo de mistura (30 min), velocidade de agitação (60 RPM), temperatura das matérias-primas (6°C e -12°C) e da água (22°C). **Média do ponto central. ***Formulação tradicional de mortadela (sem pele suína).

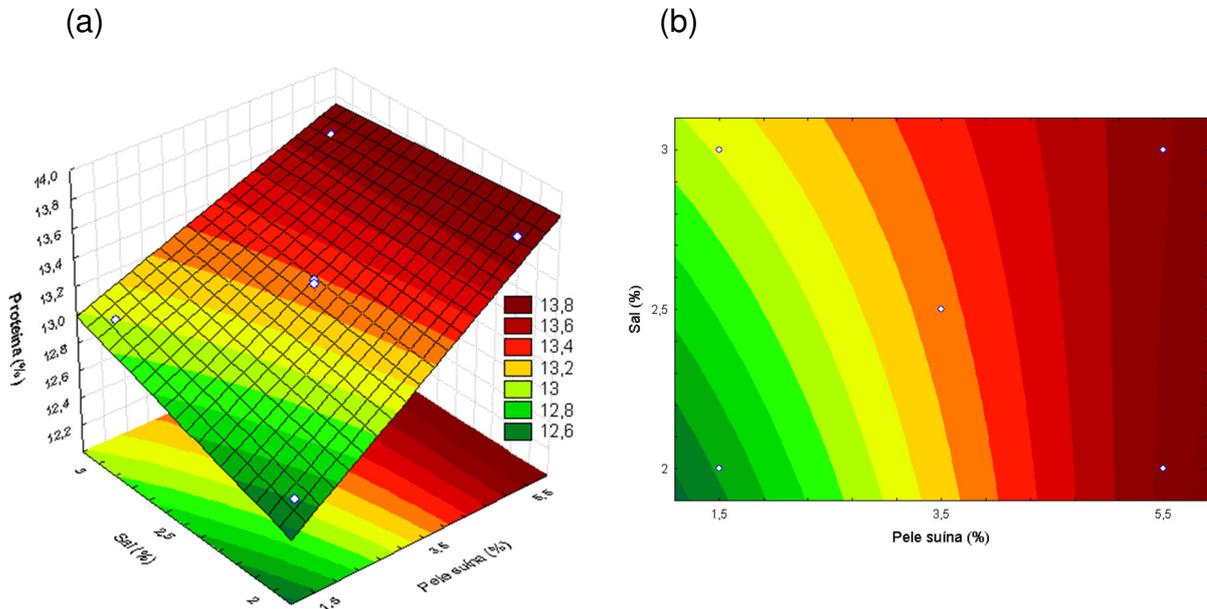
5.1.1 Proteínas Totais

A Tabela 1 e Tabela 2 (Apêndice A) apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e efeitos das variáveis, para a proteína e a equação 1 apresenta o modelo codificado de primeira ordem que descreve a proteína total em função das variáveis concentração de pele suína e cloreto de sódio, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,99 e F calculado 7,36 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 2 demonstrando que o máximo teor de proteína total encontra-se à medida que aumenta a concentração de pele suína.

$$PT = 13,26 + 0,445 X_1 + 0,090 X_2 - 0,108 X_1 \cdot X_2 \quad (1)$$

Onde, PT = Proteína total (%); X_1 = Pele suína (%), X_2 = Cloreto de sódio (%).

Figura 2: Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para teor de proteína total (%) das formulações de mortadela, respectivamente.



Para a proteína o máximo teor foi de 13,69 g/100 g (Ensaio 2, Tabela 2), onde apresenta 2% de cloreto de sódio e 5,5% de pele suína. Porém, ao empregar concentração de cloreto de sódio de 3% (Ensaio 3 e 4, Tabela 2), excede os valores de sódio de 1350 mg/100 g, previstos no acordo da ANVISA (BRASIL, 2013). A pele suína, o cloreto de sódio e a interação das variáveis tiveram uma influência significativa ($p < 0,05$) positiva sobre a proteína (Tabela 2 no Apêndice A). Os valores de proteína dos ensaios encontram-se dentro do padrão estabelecido pela Instrução Normativa nº 04 de 2000 (BRASIL, 2000).

Ressalta-se que a qualidade dos embutidos cozidos está associada ao teor de proteína da carne, bem como ao alto teor proteico presente na pele suína (ORDONEZ, et al., 2007). Em seus estudos Benelli et al. (2015) empregando emulsão de pele suína em mortadela, obtiveram teor de 12,09%. Em mortadela tipo bologna, Barbieri et al. (2013) e Brustolin (2017) encontraram teores médios de 14,6% e de 13,19 a 13,47%, respectivamente. Já, Ferris et al. (2009), em amostra de mortadela o teor de proteína foi de 12,6%. Os resultados de proteína do presente estudo (12,58 a 13,69%, Tabela 2) corroboram com os anteriormente citados na literatura.

Em síntese, a adição de diferentes concentrações de pele suína (1,5 a 5,5%) permitiram obter uma mortadela com aporte adicional de proteína, de aproximadamente 14%, ao comparar com a formulação de mortadela tradicional (Tabela 2).

5.1.2 Gorduras Totais

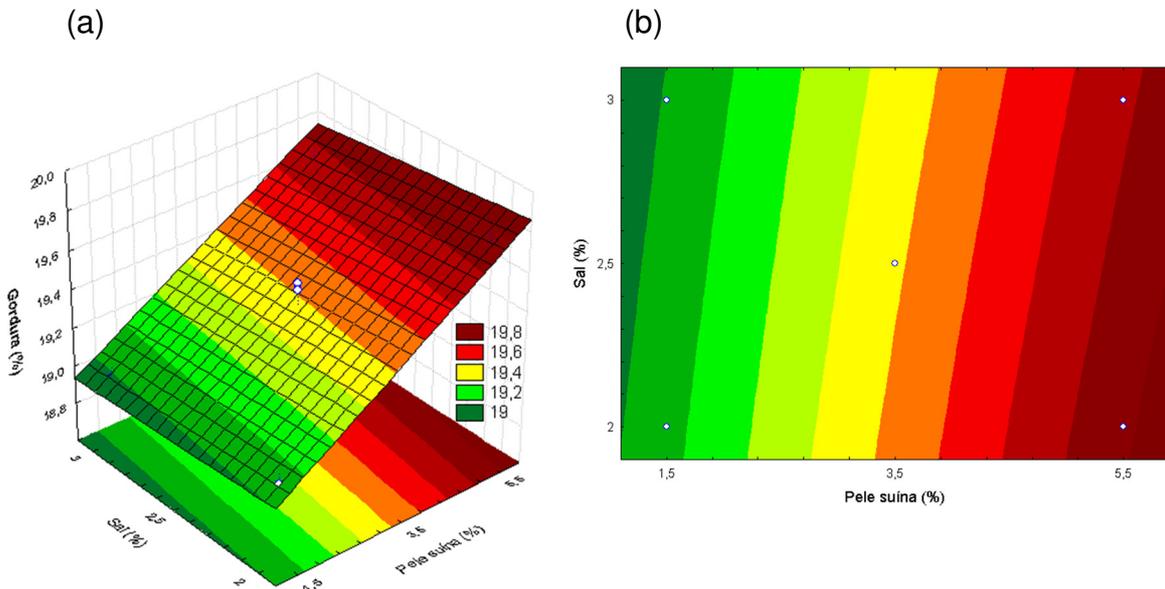
Para o teor de gordura total o máximo foi de 19,72g/100g na mortadela (Tabela 2, Ensaio 2), onde utilizou-se 2% de cloreto de sódio e 5,5% de pele suína. A Tabela 3 e Tabela 4 (Apêndice A) apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e efeitos das variáveis, para a gordura total.

A Equação 2 apresenta o modelo codificado de primeira ordem que descreve o teor de gordura total em função das variáveis concentração de pele suína e cloreto de sódio, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,97 e F calculado 8,58 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 3 demonstrando que o máximo teor de gordura total está localizado em uma região de máxima concentração de pele suína. O NaCl não influenciou positivamente e nem negativamente sobre o teor de gordura total.

$$GT = 19,38 + 0,347 X_1 \quad (2)$$

Onde, GT = Gordura total (%); X_1 = Pele suína (%), X_2 = Cloreto de sódio (%).

Figura 3: Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para teor de gordura total (%) das formulações de mortadela, respectivamente.



Ao comparar os resultados do presente estudo (Tabela 2 e Figura 3) com os obtidos por Benelli et al. (2015), o mesmo foi verificado, que à medida que aumentam os percentuais de emulsão de pele suína incrementa o teor de gordura no produto. Saldaña et al. (2015) encontraram valores de gordura total que variaram entre 10 a 17% em formulações de mortadela.

O teor de gordura influencia diretamente na capacidade emulsificante das proteínas, pois esta pode ser definida como o volume de lipídios, em mililitros, que pode ser emulsificado por grama de proteína, antes que ocorra a quebra ou inversão da emulsão (BATER e MAURER, 1991).

5.1.3 Umidade Total

Para o teor de umidade total o máximo obtido foi de 55,48g/100g (Ensaio 1, Tabela2), onde apresenta 2% de cloreto de sódio e 1,5% pele suína. A Tabela 5 e Tabela 6 (Apêndice A) apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e efeitos das variáveis, para a umidade total. A pele suína influenciou de

forma negativa sobre a umidade total e o NaCl não influenciou positivamente e nem negativamente sobre o teor de umidade.

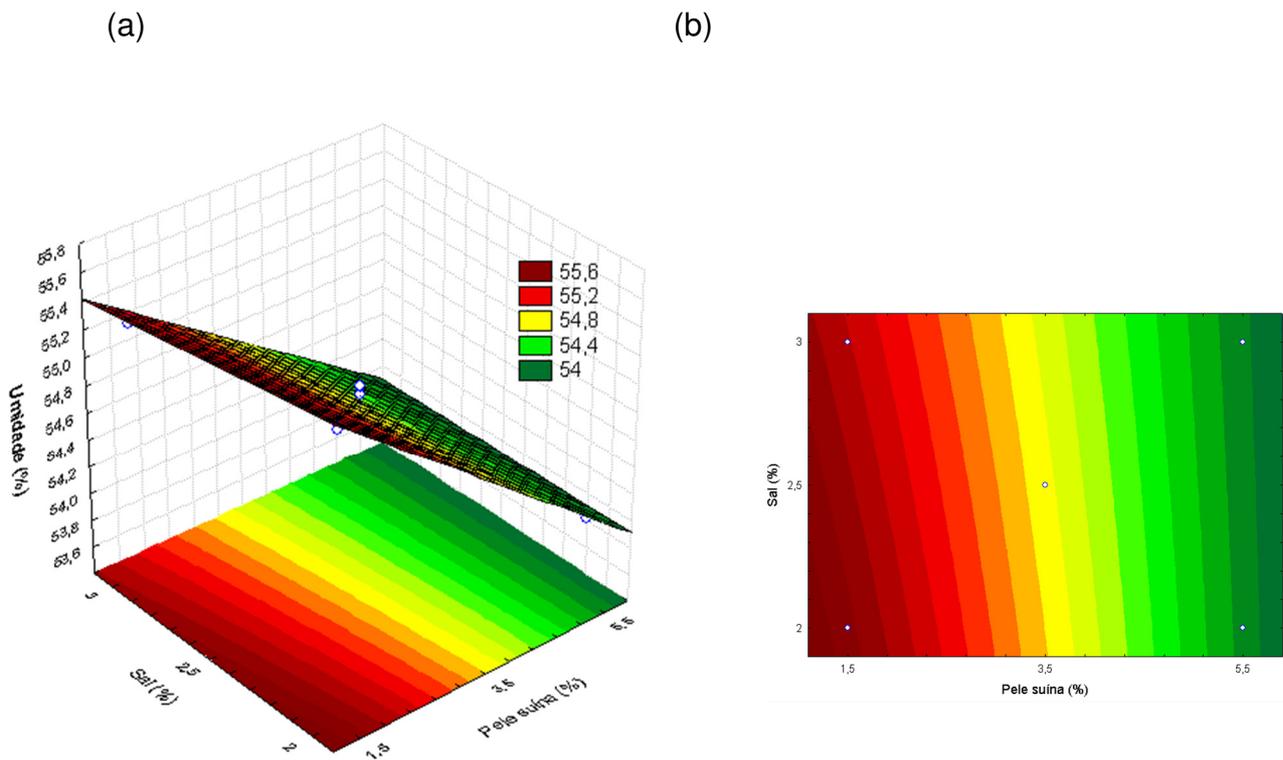
Os fatores que não foram significativos foram adicionados à falta de ajuste para a análise de variância - ANOVA (Tabela 6 – Apêndice A).

A Equação 3 apresenta o modelo codificado de primeira ordem que descreve a umidade total em função das variáveis concentração de pele suína e cloreto de sódio, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,98 e F calculado 18,08 vezes maior que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 4 demonstrando que o máximo teor de umidade total encontra-se à medida que diminui a concentração de pele suína.

$$U = 54,73 - 0,689 X_1 \quad (3)$$

Onde, U = Umidade (%); X_1 = Pele suína (%), X_2 = Cloreto de sódio (%).

Figura 4: Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para teor de umidade total (%) das formulações de mortadela, respectivamente.



No estudo realizado por Sidone et al (2017), observam pequenas variações no teor de umidade (57,1 a 57,8%), indicando que independentemente da a_w , a umidade não apresenta alterações. Em estudos de Ferris et al. (2009), os teores de umidade e atividade de água em amostra de mortadela foram superiores aos encontrados no presente estudo (Tabela 2 e Figura 4), com valores de 61,3% e 0,982, respectivamente.

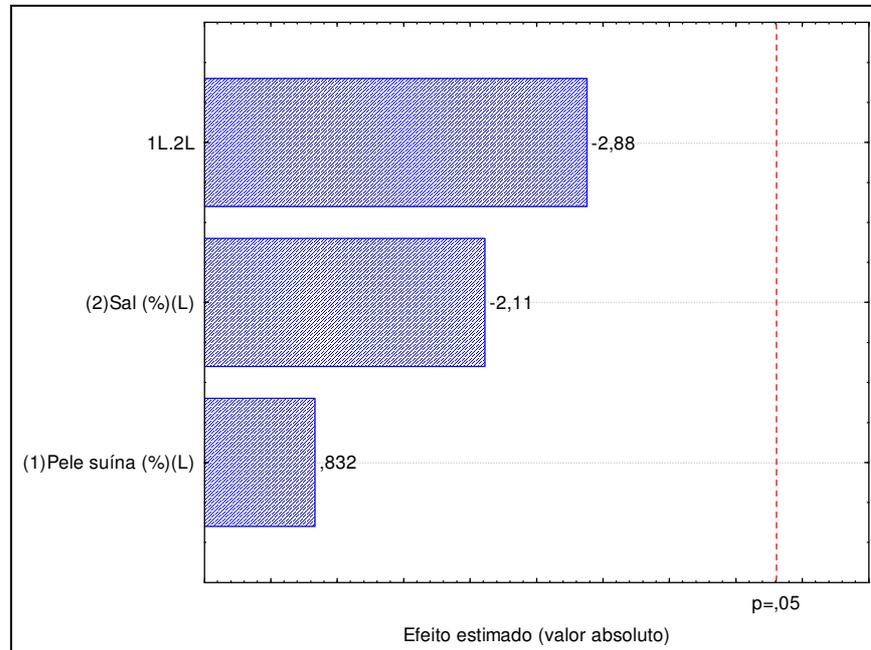
A adição de diferentes concentrações de pele suína (1,5 a 5,5%) e cloreto de sódio (2 a 3%) permitiram obter uma redução dos valores de umidade na mortadela. O Ensaio 4 (Tabela 2) com concentrações de 5,5% de pele suína e 3% de cloreto de sódio apresentou valores de 53,97% umidade, enquanto a formulação de mortadela tradicional apresentou valores de 58,12% (Tabela 2).

Entre os sólidos solúveis permitidos para esta categoria, certamente o mais versátil é o cloreto de sódio, pois, além do seu conhecido papel no sabor do produto, contribui para a extração proteica e a redução da atividade de água, especialmente quando os valores requeridos para este atributo são baixos. A pele suína, por sua vez, apresenta alto valor proteico, que é o principal responsável pela retenção de água, contribuindo para a redução de sua atividade (ORDONEZ et al., 2007).

5.1.4 Amido

Para a amido o máximo teor foi de 3,59 g/100g (Ensaio 2, Tabela 2), onde apresenta 2% de cloreto de sódio e 5,5% pele suína, estando de acordo com a legislação vigente (BRASIL,2000). A Figura 5 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis para o teor de amido. Verifica-se que a variável pele suína e cloreto de sódio não influenciaram, demonstrando que à medida que se aumenta ou reduz os teores de pele suína e cloreto de sódio não varia o teor de amido nas formulações.

Figura 5: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para o teor de amido.



5.1.5 Atividade de água

Para a atividade de água o menor teor foi de 0,9401 (Ensaio 4, Tabela 2), onde apresenta 3% de cloreto de sódio e 5,5% pele suína. Observa-se que, quanto menor a aw, maior o teor de sal adicionado, pois a atividade de água está diretamente relacionada com a concentração salina, desta forma, conforme aumenta a concentração salina, menor são os valores de a atividade de água.

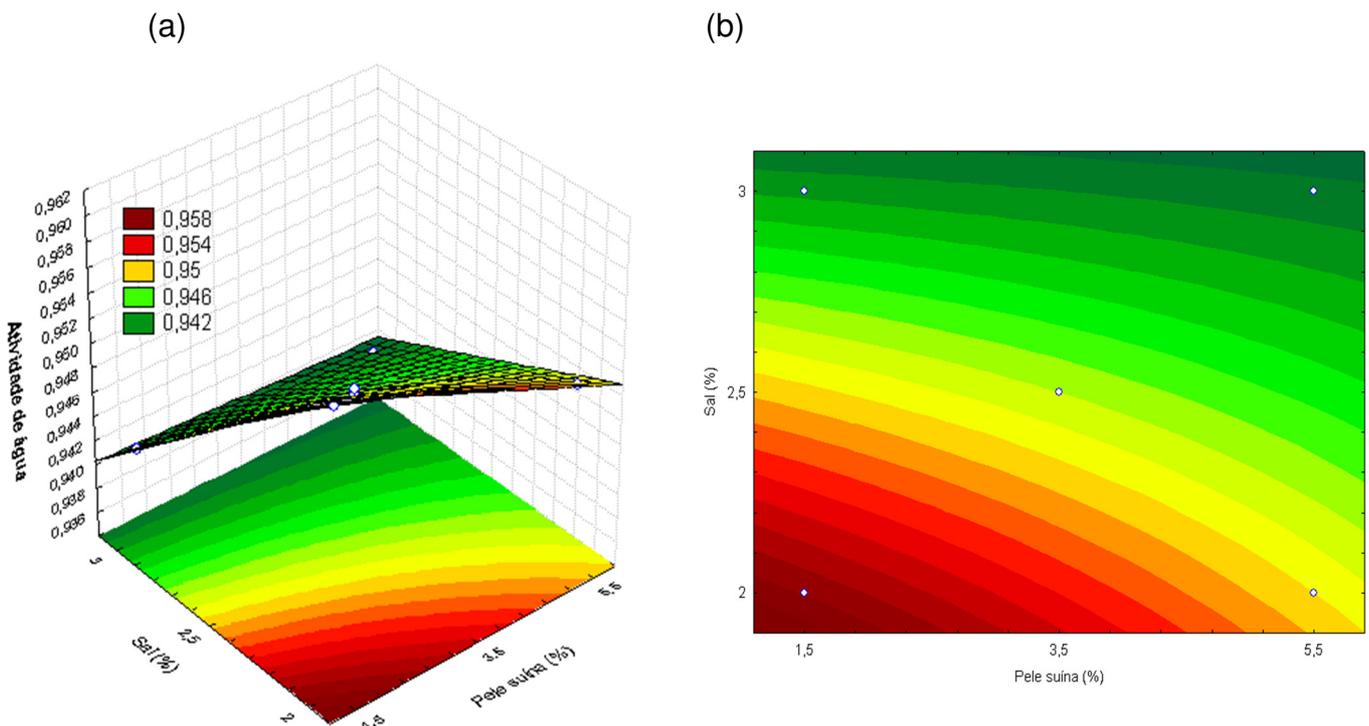
A Tabela 7 e Tabela 8 (Apêndice A) apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e efeitos das variáveis, para a atividade de água. A pele suína, o cloreto de sódio e a interação das variáveis tiveram uma influência significativa ($p < 0,05$) positiva e sobre a atividade de água. A Equação 4 (Tabela 2) apresenta o modelo codificado de primeira ordem que descreve a atividade de água em função das variáveis concentração de pele suína e cloreto de sódio, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,99 e F calculado 33,43 vezes maiores que o valor do F tabelado.

Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 6 demonstrando que o mínimo teor de atividade de água encontra-se em uma faixa próxima ou máxima de cloreto de sódio e à medida que aumenta a concentração de pele suína.

$$AW = 0,947 - 0,002 X_1 - 0,006X_2 + 0,002 X_1 \cdot X_2 \quad (4)$$

Onde, AW = Atividade de água; X_1 = Pele suína (%), X_2 = Cloreto de sódio (%).

Figura 6: Superfícies de resposta (a) e curvas de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para teor de atividade de água das formulações de mortadela, respectivamente.



As medições de atividade de água e pH em produtos cárneos podem colaborar para prever a estabilidade e controlar o crescimento de microrganismos deterioradores e causadores de intoxicação e infecção alimentar (JAY, 2005).

Sidone, et al (2017), também, avaliaram diferentes concentrações de cloreto de sódio (2,40 a 3,54%) na mortadela suína e obtiveram valores de atividade de água

0,95 a 0,96. Thiel (2018) avaliou atividade de água de diferentes formulações de mortadela de frango com 2,5% de sal na formulação e variando a concentração de amido de milho (2,5 a 5%), proteína de soja (1 a 2%), leite em pó (1 a 2%) e açúcar (1,5 a 3%), obtendo valores de 0,978 a 0,9492.

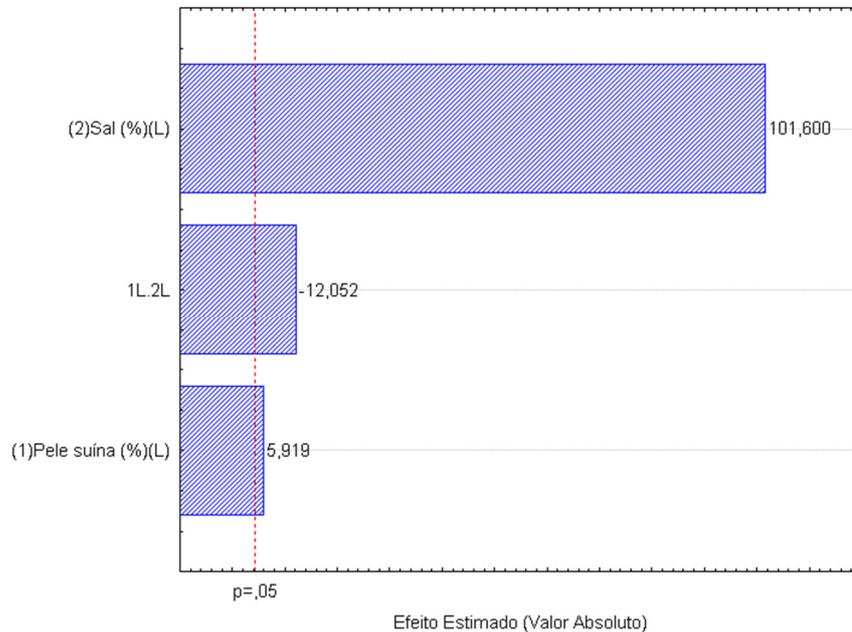
Horita (2010), estudou a redução de sódio em mortadela suína, para atividade de água obteve valores de 0,971 para formulação controle com 2% de NaCl, já para o tratamento com 1% de NaCl na formulação o valor de a_w foi de 0,978. Ao comparar os resultados obtidos com Orsolin et al. (2015), que ao acompanhar a a_w durante o armazenamento da mortadela de carne suína obteve valores de 0,969 a 0,975. Fiorda e De Siqueira (2009), ao elaborar mortadela com carne mecanicamente separada de ave e suíno encontraram valores de a_w de 0,957. Ressalta-se que valores de atividade de água citados na literatura encontram-se superiores aos encontrados no presente estudo (Tabela 2 e Figura 6).

O sal exerce papel importante na redução da atividade de água, dado que o sal interage com a água tornando-a indisponível (JAY, 2005). A atividade de água está intimamente ligada à propriedade termodinâmica denominada potencial de água ou potencial químico (μ) de água, que é a mudança na Energia de Gibbs (G) quando ocorre a alteração da sua concentração. A atividade de água é indicador de como a água afeta processos bioquímicos e outros fatores, como a disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos (SILVA, 2008 e RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

5.1.6 Sódio

Para o sódio o máximo valor foi de 1458 mg/100g (Ensaio 3, Tabela 2), onde apresenta 3% de cloreto de sódio e 1,5% pele suína. A Figura 7 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis para o teor de sódio. Verifica-se que a variável cloreto de sódio influenciou positivamente ($p < 0,05$), demonstrando que à medida que se aumenta o teor de cloreto de sódio, também aumenta os valores de sódio nas formulações.

Figura 7: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para o teor de sódio.

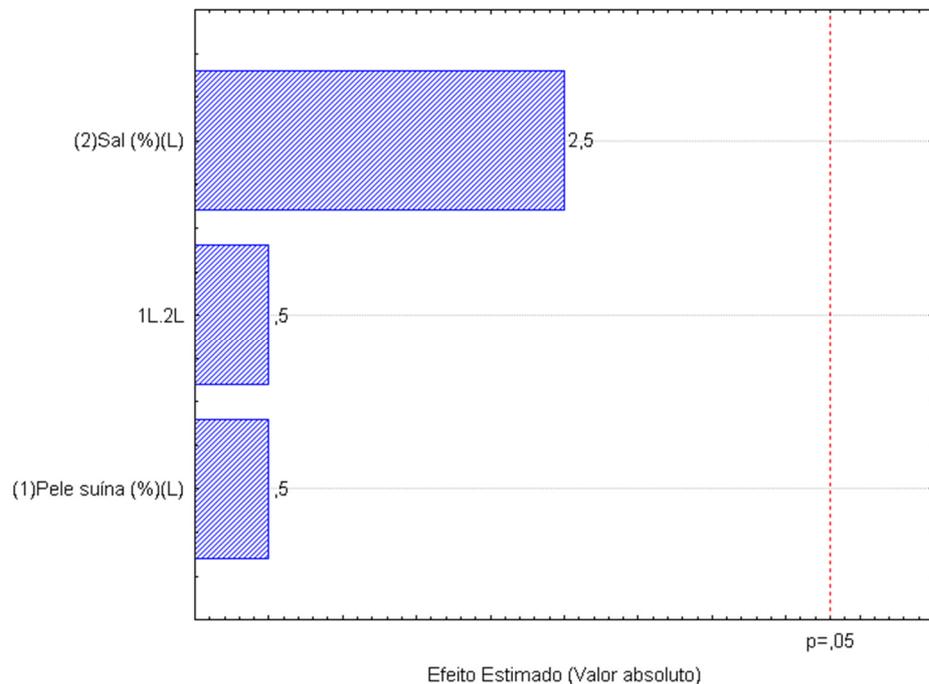


Horita (2010) também estudou a redução de sódio em mortadela suína e obteve teor de 969mg/100g para a formulação controle com 2% de NaCl, já para a formulação com 1% de NaCl o valor foi de 488mg/100g, a variação dos valores de sódio podem estar relacionadas às demais concentrações de aditivos adicionados nas formulações. De acordo com Sidone et al. (2017), o teor de cloreto de sódio (NaCl) necessário para atingir os valores de atividade de água (a_w) 0,955 é de aproximadamente 3,5%. Porém, este valor influenciou de forma significativa o alto percentual de sódio no produto acabado, não atendendo, desta forma, o acordo BRASIL (2013).

5.1.7 pH

A adição de cloreto de sódio e pele suína não influenciou no pH (Figura 8), com valores de aproximadamente de 6,7 (Ensaio 3, Tabela 2).

Figura 8: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para o pH.



Ao comparar o resultado do presente estudo com a literatura obteve-se valores de pH similares aos de Orsolin, et al (2015), Horita (2010) e Sidone, et al (2017), em mortadelas com carne suína de 6,42 a 6,48, 6,46 e 6,61 e 6,8, respectivamente.

Thiel (2018) avaliou pH de diferentes formulações de mortadela de frango com 2,5% de sal na formulação e variando a concentração de amido de milho (2,5 a 5%), proteína de soja (1 a 2%), leite em pó (1 a 2%) e açúcar (1,5 a 3%), obtendo valores de 6,53 a 6,91, não identificou diferença significativa ($p>0,05$) entre as formulações e entre os dias, durante o armazenamento.

O valor de pH da carne e a quantidade de sal adicionada esta diretamente ligada com a eficiência da emulsificação por atuar sobre as proteínas. No preparo da emulsão a adição de água e sal (solução salina) contribuem para dissolução da proteína e, conseqüentemente estabilização da mesma onde a capacidade de emulsificação das proteínas cárneas eleva-se ao aumentar a concentração de sal (ORDONEZ, 2005).

5.2 Perfil textura

A Tabela 3 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^2 com os valores codificados (reais) das variáveis independentes estudadas e as respostas para o Perfil textura – TPA em termos de dureza (RC), adesividade (AD), elasticidade (EL), coesividade (CO) e mastigabilidade (MA) das formulações de mortadela.

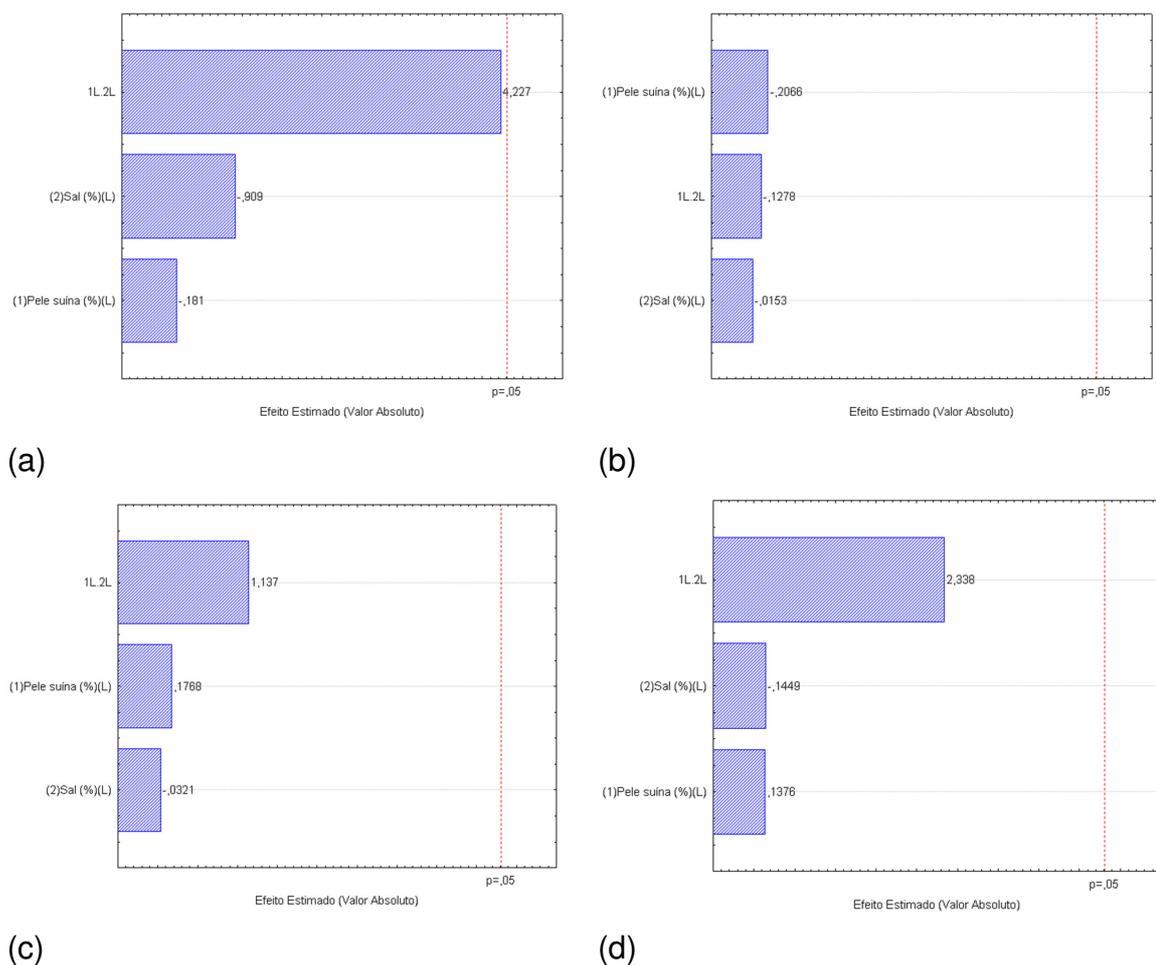
Tabela 3: Matriz do planejamento fatorial 2^2 (valores codificados e reais) e resposta para o perfil textura – TPA para dureza (RC), adesividade (AD), elasticidade (EL), coesividade (CO) e mastigabilidade (MA) das formulações de mortadela.

Ensaio	Variáveis Independentes*		Perfil Textura				
	X₁	X₂	RC (N)	AD	EL (mm)	CO	MA (N.mm)
1	-1 (1,5)	-1 (2,0)	28,46 ^a ±0,527	-5,79 ^d ±0,019	1,66 ^c ±0,014	0,84 ^b ±0,001	399,14 ^a ±2,054
2	1 (5,5)	-1 (2,0)	26,10 ^d ±1,08	-7,17 ^c ±0,326	1,48 ^c ±0,035	0,84 ^e ±0,006	322,77 ^a ±2,249
3	-1 (1,5)	1 (3,0)	25,71 ^e ±0,774	-3,83 ^e ±0,090	1,44 ^d ±0,035	0,67 ^f ±0,004	312,97 ^a ±6,360
4	1 (5,5)	1 (3,0)	27,88 ^b ±0,407	-9,66 ^b ±0,002	1,69 ^b ±0,100	0,85 ^a ±0,007	398,89 ^a ±10,476
5;6;7**	0 (3,5)	0 (2,5)	27,08 ^c ±0,535	-15,8 ^b ±17,4	1,64 ^c ±0,189	0,83 ^c ±0,001	371,27 ^a ±34,699
8***	-	-	24,09 ^f ±0,225	-27,15 ^a ±0,232	1,70 ^a ±0,013	0,83 ^d ±0,010	180,75 ^b ±1,544

*X₁= Pele suína (%), X₂= Cloreto de sódio (%). Variáveis independentes fixas: água, carne suína, carne mecanicamente separada de ave (CMS), gordura suína (quantidades não declaradas; n= 3). As condições operacionais fixas foram: tempo de mistura (30 min), velocidade de agitação (60 RPM), temperatura das matérias-primas (6°C e -12°C) e da água (22°C). **Média do ponto central. ***Formulação tradicional de mortadela (sem pele suína).

A Figura 9 apresenta o gráfico de Pareto com os efeitos estimados das variáveis para os valores de dureza, adesividade, elasticidade e mastigabilidade. Verifica-se que a variável cloreto de sódio e pele suína não influenciaram positivamente e nem negativamente ($p < 0,05$).

Figura 9: Gráfico de Pareto com o efeito estimado (valor absoluto) das variáveis testadas para os teores de dureza (a), adesividade (b), elasticidade (c) e mastigabilidade (d) das formulações de mortadela, respectivamente.



Para a dureza o máximo teor foi de 28,8 N (Ensaio 1, Tabela 3), onde apresenta 1,5% de cloreto de sódio e 2% de pele suína. Sendo que todos os testes apresentaram valores superiores à formulação tradicional de mortadela. Já Viuda-Martos et al. (2010) ao avaliar mortadelas com adição de fibra de laranja (1%) e óleo essencial de alecrim (0,02%) e óleo essencial de tomilho (0,02%) verificaram influencia na textura,

com valores de 13,9 N para a dureza, 3,33 mm para elasticidade e 2483,34 g.mm para mastigabilidade para o controle. Já os testes apresentaram valores de com valores de 16,99 e 17,03 N para a dureza, 0,94 e 0,93 mm para elasticidade e 858,97 e 886,08 g.mm para mastigabilidade.

Estudo realizado por Dal'aqua (2018) em mortadela suína observou que quando aplicava maiores concentrações de cloreto de sódio os resultados apresentaram menores valores para a análise de dureza. O valor de dureza da mortadela padrão é de 104,3 N e da mortadela com redução de sal é de 112,5 N, não apresentando diferença significativa ao nível de 5%. Yotsuyanagi (2014) e Horita (2010), também avaliaram a redução de sódio em suas formulações com adição de 1% de cloreto de sódio apresentaram dureza média de 30,7 N na salsicha e 19,3 N na mortadela, respectivamente. Horita (2010) também observou que quando aplicava 2% de cloreto de sódio à dureza apresentava 17,53 N.

Dal'aqua (2018), em mortadela suína, obteve valores para adesividade na mortadela controle de -38 e na mortadela com redução de sal de -35, não apresentando diferença significativa ao nível de 5%. Em sua mortadela controle Facin (2015) encontrou valor de -31,77 para adesividade em salsicha de frango. Estes valores foram semelhantes ao encontrado neste trabalho no ensaio 5 (Tabela 3) (-36,01), quando aplica-se 3,5% de emulsão de pele suína e 2,5% de cloreto de sódio e -27,417 presentes na formulação tradicional.

O valor da elasticidade da mortadela padrão foi de 1,36 mm, e na mortadela com redução de sal foi de 1,63 mm, não apresentando diferença significativa ao nível de 5 % (DAL'AQUA, 2018), o que corroboram com este trabalho, visto que também apresentou valores entre 1,39 e 1,75 mm. Horita (2010) e Yotsuyanagi (2014) quando aplicado 1% de NaCl encontraram valores médios de 0,906 para elasticidade na mortadela e 0,86 para salsicha, respectivamente.

O valor da mastigabilidade da mortadela padrão foi de 104,5 N.mm, e na mortadela com redução de sal foi de 135,4 N.mm, não apresentando diferença significativa ao nível de 5 % (DAL'AQUA, 2018). Horita (2014) encontrou para sua mortadela com 1 % de sódio na formulação mastigabilidade de 14,304 N.mm, valor inferior ao deste estudo que pode ter apresentado essa diferença pela utilização de

diferentes origens de proteína animal nas formulações o mesmo aconteceu com Yotsuyanagi (2014) com valor encontrado de 16,85 N.mm.

Já Viuda-Martos et al. (2010) ao avaliar mortadelas com adição de fibra de laranja (1%) e óleo essencial de alecrim (0,02%) e óleo essencial de tomilho (0,02%) verificaram influencia na textura, com valores de 2483,34 g.mm para mastigabilidade para o controle. Já os testes apresentaram valores de 858,97 e 886,08 g.mm para mastigabilidade. Os valores da mastigabilidade podem ser explicados pela variação da formulação de cada trabalho. Pois os valores apresentados foi entre 306,76 e 407,661 N.mm valores estes superiores aos encontrados na formulação tradicional que foi de 179,09 e 181,01 N.mm (Tabela 3).

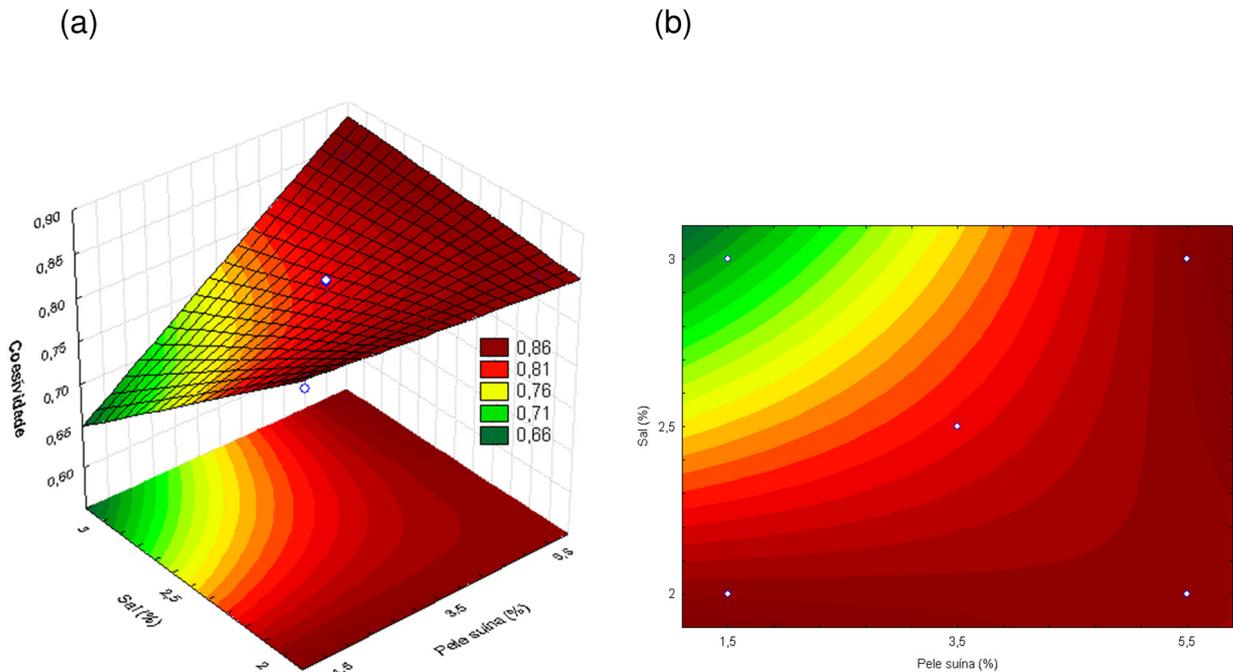
Para a coesividade o máximo teor foi de 0,85 (Ensaio 4, Tabela 3), onde apresenta 3% de cloreto de sódio e 5,5% de pele suína. A Tabela 9 e Tabela 10 (Apêndice A) apresentam os coeficientes de regressão, erro padrão, valores de p e t(2) e efeitos das variáveis, para a coesividade. As variáveis de pele suína, cloreto de sódio e a interação das variáveis tiveram uma influência significativa ($p < 0,05$) positiva, sobre a coesividade.

A Equação 5 apresenta o modelo codificado de primeira ordem que descreve a coesividade em função das variáveis de concentrações de pele suína e cloreto de sódio, dentro das faixas estudadas. O modelo foi validado pela análise de variância, com um coeficiente de correlação de 0,97 e F calculado 1,17 vezes maiores que o valor do F tabelado. Os quais permitiram a construção de superfícies de resposta e curvas de contorno apresentadas na Figura 10 demonstrando que o máximo de coesividade encontra-se à medida que aumenta a concentração de pele suína.

$$CO = 0,814 + 0,043 X_1 - 0,0421 X_2 + 0,045 X_1 \cdot X_2 \quad (5)$$

Onde, CO = Coesividade: X_1 = Pele suína (%), X_2 = Cloreto de sódio (%).

Figura 10: Superfícies de resposta (a) e curva de contorno (b) em função da concentração de pele suína e cloreto de sódio para coesividade das formulações de mortadela, respectivamente.



O mesmo comportamento foi verificado por Choe et al (2013) e Benelli et al. (2015) ao avaliar mortadela com adição de pele suína. O colágeno presente na pele suína é um agente emulsificante complementar, conferindo estabilidade à massa de emulsionados e atuando na textura, especialmente na coesividade. Além disso, tem função de estabilizador de emulsões, mediante a de ligação de água e gordura, auxiliando também nas propriedades de sabor e conservação do produto, através da gelificação da miosina (CHOE et al., 2013 e BENELLI et al., 2015).

Viuda-Martos et al. (2010) ao avaliar mortadelas com adição de fibra de laranja (1%) e óleo essencial de alecrim (0,02%) e óleo essencial de tomilho (0,02%) verificaram influencia na textura, com valores de 0,52 para coesividade para o controle.

No entanto, Dal'aqua (2018), obteve valor de 0,75 para a coesividade em formulações de mortadela tradicional e com redução de sal, respectivamente. Yotsuyanagi (2014) encontrou valor de médio de coesividade de 0,63 para suas salsichas com 1% de cloreto de sódio na sua formulação e Horita (2010) encontrou

0,816 em salsicha com 1% de cloreto de sódio. Resultados similares ao presente estudo, onde os valores foram de 0,63 com 3% de cloreto de sódio (Tabela 3, Figura 10).

Segundo Bannwart; Silva; Vidal (2004) e Campagnol (2011) umas das principais funções do sal nos produtos cárneos é a solubilização das proteínas miofibrilares, que são responsáveis pelo aumento da hidratação e da capacidade de retenção de água, que faz com que no processo de cozimento as perdas sejam reduzidas e assim melhorando a textura do produto de acordo com as características instrumentais do perfil de textura.

Segundo Sun e Holley (2011), a concentração de proteína disponível para geleificação é fundamental na determinação de propriedades reológicas da matriz formada durante o processamento de embutidos cárneos e determina a textura e a estabilidade de produtos cárneos.

5.3 Correlação das características físico-químicas e reológicas

A Tabela 4 apresenta a matriz de correlação de Pearson das características (proteína total, gordura total, amido, umidade, atividade de água, sódio, pH e os parâmetros de textura – dureza adesividade, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) avaliadas nas formulações de mortadela.

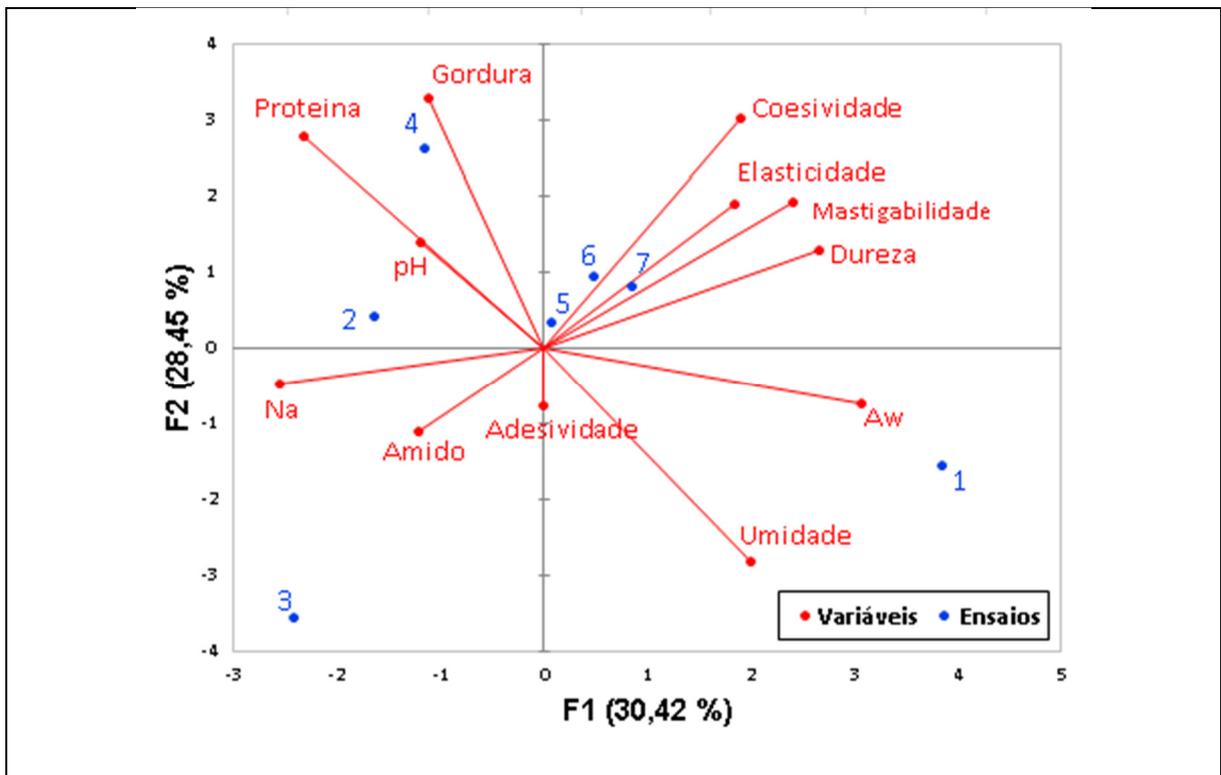
Tabela 4– Matriz de correlação de Pearson com variáveis (proteína total, gordura total, amido, umidade, atividade de água, sódio, pH e os parâmetros de textura – dureza adesividade, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) avaliadas nas formulações de mortadela aplicando o planejamento fatorial 2².

Variables	Gordura	Proteína	Umidade	Amido	Aw	Na	pH	Dureza	Adesividade	Elasticidade	Coesividade	Mastigabilidade
Gordura	1											
Proteína	0,922*	1										
Umidade	-0,906*	-0,946*	1									
Amido	0,067	0,152	-0,211	1								
Aw	-0,230	-0,556*	0,447	0,150	1							
Na	-0,158	0,193	-0,190	-0,059	-0,870*	1						
pH	0,125	0,315	-0,145	-0,471	-0,734*	0,566*	1					
Dureza	-0,024	-0,290	0,083	-0,554	0,426	-0,284	-0,133	1				
Adesividade	-0,270	-0,148	0,178	0,491	0,003	0,175	0,170	-0,352	1			
Elasticidade	0,118	-0,012	0,070	-0,329	0,136	-0,207	0,480	0,330	0,473	1		
Coesividade	0,645*	0,323	-0,422	-0,194	0,432	-0,623*	-0,139	0,627*	-0,232	0,499	1	
Mastigabilidade	0,054	-0,131	0,091	-0,452	0,239	-0,214	0,356	0,634*	0,302	0,935*	0,600*	1

* Correlação significativa ($\alpha = 0,05$)

Os valores obtidos por meio de correlação de Pearson (Tabela 4) confirmaram a relação entre as variáveis observadas na análise de componentes principais, sendo que a gordura apresentou correlação positiva com a proteína (0,922) e coesividade (0,645) e negativa em relação à umidade (-0,907). A proteína apresentou correlação negativa ($p < 0,05$) em relação à umidade (-0,946) e com a atividade de água (-0,556). Há correlação negativa da atividade de água em relação a sódio (-0,870) e pH (-0,734). Também existe correlação positiva entre dureza com a coesividade (0,627) e mastigabilidade (0,634) e da coesividade em relação à mastigabilidade (0,600).

Figura. 11. Análise dos Componentes Principais (ACP) para as variáveis proteína total (PT), gordura total (GT), amido (AM), umidade (UR), atividade de água (AW), sódio (Na^+), pH, dureza (RC), adesividade (AD), elasticidade (EL), coesividade (CO) e mastigabilidade (MA) específica das formulações de Mortadela (7 ensaios do planejamento fatorial completo 2^2).



Na Figura 11 da Análise dos Componentes Principais (ACP), as variáveis são representadas como vetores, os quais caracterizam os ensaios que se localizam próximas a eles. Quanto mais longo o vetor, melhor a explicação da variabilidade entre

as características avaliadas. A primeira (CP1) e segunda (CP2) dimensão explicaram 58,87 % da variância total. O componente principal 1 (CP1) respondeu por 30,42 %, enquanto ao componente principal 2 (CP2) por 28,45%.

A análise de componentes principais e de Person mostraram que a gordura esta correlacionada positivamente com a proteína e com a coesividade o que significa que amostras de mortadela com alta concentração de emulsão de pele suína, tendem a apresentar também alta concentração de proteína e gordura. Ao mesmo tempo, se pode observar que esses elementos são negativamente correlacionados com os demais, principalmente em relação à umidade e atividade de água. Em relação ao perfil textura a mastigabilidade foi correlacionada positivamente com a dureza, elasticidade e coesividade.

Em síntese, ao utilizar a pele suína na elaboração de mortadela destaca-se que há uma redução de custo de produção relacionados a ingredientes da formulação de aproximadamente 15 %. Além disso, destaca-se que a nova formulação de mortadela houve um incremento de proteína de 10%, redução de atividade de água (0,9401) e nos valores de valores de sódio de 13%, quando comparado à formulação de mortadela tradicional, sem adição de pele suína.

6 CONCLUSÕES

No presente estudo foi possível delinear algumas conclusões:

- As formulações com 5,5% de emulsão de pele suína e 2 e 3% de cloreto de sódio (ensaios 2 e 4) apresentaram maiores percentuais de gordura e proteína de 19,72 e 19,62% e 13,69% e 13,65%, respectivamente. Demonstrando que quanto maior o percentual de emulsão de pele suína, maior será a concentração de gordura e proteína das formulações. Além disso, estas formulações apresentaram teores menores de umidade (54,01 e 53,97%) e, também, inferiores aos obtidos na formulação tradicional (58,12%).

- As formulações com 1,5 e 5,5% de pele suína e 3% de sódio (ensaios 3 e 4) que apresentaram menores valores de atividade de água 0,9415 e 0,9401, respectivamente. Porém, não atenderam aos padrões preconizados pelo teor de sódio preconizado quanto ao teor de sódio.

- Para o pH e o amido todas as formulações tiveram um comportamento semelhante, não tendo diferença significativa entre as formulações, bem como a formulação tradicional de mortadela (sem pele suína).

- Em relação ao perfil textura a mastigabilidade foi correlacionada positivamente com a dureza, elasticidade e coesividade. As variáveis de pele suína, cloreto de sódio e a interação das variáveis tiveram influência significativa ($p < 0,05$) positiva, sobre a coesividade, já para dureza, elasticidade e mastigabilidade não influenciaram positiva ou negativamente.

- Em função dos resultados obtidos no presente estudo, concluiu-se que as formulações de mortadela com adição de 3,5 a 5,5% de pele suína e 2 a 2,5% de cloreto de sódio (ensaios 2 e 5, 6, 7) atenderam aos requisitos previstos nos Ofícios-Circulares 005/2015 e 006/2015 e no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Mortadela (BRASIL, 2004), bem como o acordo estabelecido entre Ministério da saúde e as entidades representantes das indústrias. Destaca-se que a nova formulação de mortadela teve um incremento de proteína de 10%, redução de atividade de água (0,9401) e no teor de sódio de 13%, quando comparado à formulação de mortadela tradicional, sem adição de pele suína.

7 BIBLIOGRAFIA

BAILEY, A. J.; LIGHT, N. D. **Connective tissue in meat and meat products**. Barking: Elsevier, 1989.

BANNWART, M. C.; SILVA, M. E. M. P. e VIDAL, G. Redução de sódio em alimentos: panorama atual e impactos tecnológicos, sensoriais e de saúde pública. **Nutrire.**, dec., v. 39, n. 3, p. 348-365, 2004.

BAÑÓN, et al. Modelling the yield and texture of comminuted pork products using color and temperature. Effect of fat/lean ratio and starch. **Meat Science**, New York, v. 80, p 649-655, 2008.

BARBIERI, G., et al. Survey of the chemical, physical, and sensory characteristics of currently produced mortadella Bologna. **Meat Science**, v. 94, p. 336–340, 2003.

BARRETTO A. C. S.; POLLONIO M. A. R. Aplicação de fibras como substituto de gordura em mortadela e influência sobre as propriedades sensoriais. **Higiene Alimentar**, v. 23, n. 174/175, p. 181-188, 2009.

BATER, B.; MAURER, A. J. Effects of fat source and final cominution temperature on fat particle dispersion, emulsion stability, and textural characteristic of turkey frankfurters. **Poultry Science**, v. 70, n. 6, p. 1424-1429, 1991.

BENELLI J, TONIAZZO G, PRESTES RC, TRES MV. Development and utilization of pork skin emulsion in mortadella as a soy protein substitute. **Int. Food Res. J.**, v. 22, n. 5, p. 2126-2132, 2015.

BEJERHOLM, C.; A. ASLYNG, M. D. Cooking of meat. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, p.343-349, 2004.

BETANHO, C. et al . Estabilidade das emulsões cárneas. **Revista Nacional da Carne**, v. 18, n. 210, p. 85-90, 1994.

BOU, L., ASCANIO, N., HERNÁNDEZ, P. Diseño de un plan de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) para el aseguramiento de la inocuidad de la mortadela elaborada por una empresa de productos cárnicos. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**, v. 54, n. 1, p. 72–79, 2004.

BOURNE, M. C. Chapter 1 - Texture, Viscosity, and Food. In: BOURNE, M. C. **Food Texture and Viscosity** (SecondEdition). London: Academic Press, p.1-32, 2002.

BRASILEIRO, I. S. **Atividade de antimicrobianos comerciais no controle de Listeria monocytogenes em mortadela e salsicha**. 2014. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n° 20, de 21 de Julho de 1999**. Brasília, DF, 27 jul. 1999.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA). **Instrução normativa n°4, 31 março de 2000**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Lingüiça e de Salsicha. Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p.6-10, 2000.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento Técnico Sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. Brasília, DF, 2001.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Instrução Normativa n° 51 de 29 de dezembro de 2006**. Institui Regulamento Técnico de Atribuição de Aditivos, e seus Limites das Categorias de Alimentos que especifica. Brasília, DF, 2006.

_____. Ministério da Saúde. **Termo de Compromisso** s/no entre o Ministério da Saúde e as Associações Brasileiras das Indústrias de Alimentação, Associação Brasileira das Indústrias de Queijo, Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados e Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos, de 5 de Novembro de 2013. Brasília: Ministério da Saúde: 2013.

_____, **Ofícios Circulares 005/2015 e 006/2015 (CGI/DIPOA/SDA)**. Informações sobre registro de produto mortadela conservada em temperatura ambiente, Brasília, DF, 2015.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto Nº 9.013, de 29 de Março de 2017**: Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília, DF, 29 mar. 2017.

BRUSTOLIN, A. P. **Validação da vida útil de mortadela tipo Bologna e avaliação da estabilidade a 22°C em Unidade Industrial**. 2017. 80f. Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da URI Erechim, como requisito parcial a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim, (2017).

CALDERON, F. L.; SCHMITT, V.; BIBETTE, J. **Emulsion Science** - Basic Principles. 2 Ed. France: 2007.

CAMPAGNOL, Paulo Cezar Bastianello. **Influência da Redução de Sódio e Gordura na Qualidade de Embutidos Cárneos Fermentados**. 2011. 188 f. Tese (Pós-graduação) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.

CANHOS, D. A. L.; DIAS, E. L. Tecnologia de carne bovina e produtos derivados. **Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia – FTPT**. São Paulo, 1983.

CARBALLO, J, et al. Morphology and texture of bologna sausage as related to content of fat, starch and egg White. **Journal of Food Science**, v. 61, n.3, p. 652-655, 1996.

CORREIA, L. R.; MITTAL, G. S.; BASIR, O. A. Ultrasonic detection of bone fragment in mechanically deboned chicken breasts. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. 2007.

Choe, J., Kim, H., Lee, J., Kim, Y. and Kim, C.. Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. **Meat Science**, v. 93, n. 4, p. 849-854, 2013.

DAL'AQUA, Felipe. **Análise do perfil instrumental de textura e caracterização microbiológica de mortadela suína com teor reduzido de sódio**. 2018. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

EGELANDSDAL, B., FRETHEIM, K., HARBITZ, O., Dynamic rheological measurements on heat-induced myosin gels: an evaluation of the method's suitability for the filamentous gels. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. V. 37, n. 9, p. 944–945, 1986.

FACIN, Felipe. **Avaliação das propriedades físicas através de análise de perfil de textura (TPA) na substituição de gordura por blend de fibras em salsicha de frango**. Trabalho de conclusão de curso. Programa de Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

FIORDA, F. A.; DE SIQUEIRA, M. I. D. **Avaliação do pH e atividade de água em produtos cárneos**, Estudos, v. 36, n. 5, p. 817-826, 2009.

FOEGEDING, E.A., Thermally induced changes in muscle proteins. **Food Technology**. V. 42, n.6, p. 58–64, 1988.

FOEGEDING, E. A. Gelation in meatbatters. In: Annual Reciprocal Meat Conference. 41. Laramie, 1988. Proceedings. Chicago, National Live Stock and Meat Board; **American Meat Science Association**, 1989. p. 44-47, 1989.

FERRIS, et al. Gelation kinetics of an imitation-mortadella emulsion during heat treatment determined by oscillatory rheometry, **Journal of Food Engineering**, v. 95, n. 4, 677-683, 2009.

FORREST, et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979.

FRANCO, B. D. G. M; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005.

GORDON, A.; BARBUT, S. Mechanisms of meat batter stabilization: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Vol 32, n. 4, p. 299- 332, 1992.

LAL DAR, Yadunandan; LIGHT, Joseph M. **Food Texture Design and optimization**. 1 ed. John Wiley Professio, EUA, 2014.

GUERRA, I. C. C. D. **Efeito do teor de gordura na elaboração de mortadela utilizando carne de caprinos e de ovinos de descarte**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

HORITA, C.N. **Redução de cloreto de sódio em produto emulsionado tipo mortadela: influência sobre a qualidade global**. Dissertação mestrado - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010.

IGNÁCIO, A. K. F. **Reformulação do perfil lipídico de produto Carne emulsionado adicionado de óleo de Linhaça e ervas e especiarias: avaliação das Características físico-químicas e sensoriais**. Tecnologia de Alimentos UNICAMP, Brasil, 2011.

JAY, J.M. **Microbiologia de Alimentos**. 6.ed.Artmed, 711p, 2005.

MANDIGO, R. W. e ESQUIVEL, O Chemistry and physics of comminuted products: Emulsions and Batters. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, p.266-271, 2004.

MOHAMMED, et al. Quality Characteristics of Laboratory Made Mortadella Meat Product. International: **Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, v. 5, n. 2, p. 96-100, 2015.

OLIVO, R. **O Mundo das Carnes: ciência, tecnologia & Mercado**. 2 ed. Criciúma, p. 214, 2006.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. Cocal do Sul, 2ª Edição. Editora: IMPRINT, p. 155, 2002.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Emulsões Cárneas**. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. G. M. (Ed.). *Atualidades em ciência e tecnologia de carnes*. São Paulo, SP: Varela, 2006.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal**. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, v. 2, p. 279, 2005.

ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos (origem animal)**. V.2, ed. Artmed, 2007.

ORSOLIN, et al. Redução do tempo no processo de cozimento de mortadela e avaliação da qualidade final do produto. **Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.16, n.4, p. 589-597 out./dez. 2015.

PEARSON A. M. e GILLET T. A. **Processed Meats**. Originally published: New York, Chapman & Hall, 1996.

PERLO, et al. Optimización de la etapa de lavado de carne de ave mecánicamente recuperada. **Ciencia, Docencia y Tecnologia**. n. 31, p. 241-258, 2005.

PITTIA, P., PAPARELLA, A., Safety by control of water activity: drying, smoking, and salt or sugar addition. Chapter 2. In: Prakash, V., Martin-Belloso, O., Keener, L., Astley, S.B., Braun, S., McMahon, H., Lelieveld, H. (Eds.), **Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods**. Academic Press, Oxford, UK, p. 7 e 28, 2016.

RAMOS, E.M; Gomide, L. A. de M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias.** Viçosa - MG: Ed. UFV, 2007. 375-378 p.

SALDAÑA et. al. Influence of animal fat substitution by vegetal fat on Mortadella-type products formulated with different hydrocolloids. **Sci. Agric.** v.72, n.6, p.495-503, 2015.

SANTOS-GARC_ES, E., GOU, P., GARCIA-GIL, N., ARNAU, J., FULLADOSA, E., Nondestructive analysis of aw, salt and water in dry-cured hams during drying process by means of computed tomography. **J. Food Eng.**, v. 101, p. 187 e 192, 2010.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R. Suplementação de vitamina e melhora a qualidade de carnes e derivados. In: SHIMOKOMAKI, M. et al. (Ed.). **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes.** São Paulo: Varela, cap. 11, p. 115-121, 2006.

SIDONE et al. Efeitos do sorbato e da atividade de água na germinação de esporos de *Clostridium Sporogenes* inoculados em mortadela de baixo custo conservada em temperatura ambiente. **11º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica.** Campinas, São Paulo, 2017.

SILVA, A.M.L. **Apostila de aulas práticas de análise físico-química de alimentos.** Goiânia: PUC Goiás, 2008.

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia de alimentos.** São Paulo: Varela, 2000.

SIRIPURAPU, S.C.B. ; MITTAL, G.S. ; BLAISDELL, J.L. Textural and viscoelastic characteristics of meat emulsion products during cooking. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 20, n. 1, p. 68-73, 1987.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO - SBH, SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA – SBC e SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA - SBN. IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. **Arq Bras Cardiol**, v. 82(supl IV), p.15-22, 2004.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA - SBH, SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO – SBC e SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA - SBN. V Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. **Arq Bras Cardiol**, v. 89, n. 3, São Paulo, set., 2007.

SOFOS, J.N. Antimicrobial effects of sodium and others ions in foods: a review, **Journal of Food Safety**, v. 6, p. 45-78, 1984.

SUN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by miofibrillar proteins in muscle foods. **Comprehensive Rev. Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 1, p. 3351, 2011.

TERRELL, R.N. Reducing the sodium content of processed meats. **Food Technology**, jul., p.66-71, 1983.

TERRA, N. N.. TERRA, A. B. M. TERRA, L. M.. **Defeitos nos produtos cárneos: origens e soluções**. São Paulo: Varela, p. 36 – 81, 2004.

THIEL, S. R. **Efeitos de diferentes ingredientes e aditivos sobre a atividade de água e estabilidade de mortadela conservada a temperatura ambiente**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2018.

TRINDADE, M. A; FELÍCIO, P. E.; CASTILHO, C. J. C. Mechanically separated meat of broiler breeder and white layer spent hens. *Scientia Agricola*. v. 61, n. 2, p. 234-239, 2004.

VANDENDRIESSCHE , F. Meat products in the past, today and in the future. **Meat Science**. v. 78, p.104-113, 2008.

Victorino, L. C. S. **Efeito da adição de fibras sobre as propriedades tecnológicas de emulsões com altos teores de carne de frango mecanicamente separada**. Universidade estadual de campinas faculdade de engenharia de alimentos departamento de tecnologia de alimentos. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, 2008.

VIUDA-MARTOS et al. Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 568-576, 2010.

WHO. (1990). **Technical report series**, 916, Geneva.

XIONG, Y. L. Chemical and physical characteristics of meat: Protein Functionality. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, p.218-225, 2004.

YUNES et al. Efeito da substituição da gordura suína nas características de qualidade, estabilidade oxidativa e microestrutura de mortadela, **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1205-1216, 2013.

YUNES, J.F.F. **Avaliação dos efeitos da adição de óleos vegetais como substitutos de gordura animal em mortadela. 2010.** 103 f. Dissertação Mestrado – Ciência e Tecnologia dos Alimentos - Universidade Federal de Santa Maria – Faculdade de Tecnologia de Alimentos, Santa Maria, 2010.

YOTSUYANAGI, S. **Impactos tecnológicos, sensoriais e microbiológicos da redução do teor de sódio em salsicha.** Dissertação (Mestrado). Ciência e Tecnologia em Alimentos. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 2014.

ZAPATA-ÁLVAREZ, et al. Efecto Protector de un Antimicrobiano Natural Frente a *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium* y *E. coli* en Salchicha y Mortadela. **Información Tecnológica**, v. 30, n. 2, p. 235-244, 2019.

APÊNDICE A – Tratamento estatístico dos dados

Tabela 1: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2² para a proteína total.

	Coeficiente de Regressão	Erro padrão	t(2)	p
Médias.	13,26	0,006	2133,52	0,00001
(1)Pele suína (%) (L)*	0,445	0,008	54,13	0,00034
(2)Cloreto de sódio (%) (L)*	0,090	0,008	10,95	0,00824
1L.2L*	-0,108	0,008	-13,18	0,00571

*Fatores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Tabela 2: Análise de variância para a proteína total do planejamento fatorial 2.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado
Regressão	3,00	0,87144	0,29048	68,26
Resíduo	3,00	0,01277	0,004255	
Falta de Ajuste	1,00	0,01224		
Erro Puro	2,00	0,00054		
Total	6,00	0,88421		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $F_{\text{tab},95\%} = 9,28$

Tabela 3: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2² para a gordura total.

	Coeficiente de Regressão	Erro padrão	t(2)	p
Médias.	19,38	0,008	2422,63	0,00001
(1)Pele suína (%) (L)*	0,346	0,011	32,75	0,000931
(2)Cloreto de sódio (%) (L)	-0,040	0,011	-3,779	0,063433
1L.2L	-0,010	0,011	-0,945	0,444508

*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05)

Tabela 4: Análise de variância para a gordura total do planejamento fatorial 2.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado
Regressão	1,00	0,480711	0,480711	56,72
Resíduo	5,00	0,042371	0,008474	
Falta de Ajuste	3,00	0,041475		
Erro Puro	2,00	0,000896		
Total	6,00	0,523083		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $F_{\text{tab},95\%} = 6,61$

Tabela 5: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2² para a umidade total.

	Coeficiente de Regressão	Erro padrão	t(2)	p
Médias.	54,73	0,046	1195,12	0,000001
(1)Pele suína (%) (L)*	-0,689	0,061	-11,375	0,007639
(2)Cloreto de sódio (%) (L)	-0,064	0,061	-1,059	0,400550
1L.2L	0,045	0,061	0,757	0,528304

*Fatores estatisticamente significativos ($p < 0,05$)

Tabela 6: Análise de variância para a umidade total do planejamento fatorial 2.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado
Regressão	1,00	1,899803	1,899803	119,491
Resíduo	5,00	0,079496	0,015899	
Falta de Ajuste	3,00	0,050133		
Erro Puro	2,00	0,029363		
Total	6,00	1,979298		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $F_{\text{tab},95\%} = 6,61$

Tabela 7: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2² para a atividade de água.

	Coeficiente de Regressão	Erro padrão	t(2)	p
Médias.	0,947	0,00009	10158,39	0,000001
(1)Pele suína (%) (L)*	-0,002	0,00012	-18,85	0,002802
(2)Cloreto de sódio (%) (L)*	-0,006	0,00012	-48,45	0,000426
1L.2L*	0,002	0,00012	13,18	0,005710

*Fatores estatisticamente significativos ($p < 0,05$)

Tabela 8: Análise de variância para a atividade de água do planejamento fatorial 2.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado
Regressão	3,00	0,00018	0,000058	309,91
Resíduo	3,00	0,000001	0,0000001	
Falta de Ajuste	1,00	0,000001		
Erro Puro	2,00	0,000001		
Total	6,00	0,000176		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $F_{\text{tab},95\%} = 9,27$

Tabela 9: Coeficientes de regressão e erro padrão, valores de p e t do planejamento fatorial 2² para a coesividade.

	Coeficiente de Regressão	Erro padrão	t(2)	p
Médias.	0,814	0,0004	2160,4	0,00001
(1)Pele suína (%) (L)*	0,043	0,0005	85,880	0,00014
(2)Cloreto de sódio (%) (L)*	-0,041	0,0005	-80,712	0,00015
1L.2L*	0,045	0,0005	90,690	0,00012

*Fatores estatisticamente significativos (p<0,05)

Tabela 10: Análise de variância para a coesividade do planejamento fatorial 2.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F calculado
Regressão	3,00	0,022013	0,0073	10,87
Resíduo	3,00	0,002026	0,0007	
Falta de Ajuste	1,00	0,002024		
Erro Puro	2,00	0,000002		
Total	6,00	0,024039		

Resíduos = Falta de ajuste + Erro puro; $F_{\text{tab},95\%} = 9,28$