

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

MORGANA POZZOLO

**ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE EXTRUSÃO NO
DESENVOLVIMENTO DE *BREADING* ESTILO *JAPANESE***

CRICIÚMA

2018

MORGANA POZZOLO

**ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE EXTRUSÃO NO
DESENVOLVIMENTO DE *BREADING* ESTILO *JAPANESE***

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do grau de
bacharel no curso de Engenharia Química
da Universidade do Extremo Sul
Catarinense, UNESC.

Orientadora: Ma. Miquele Lazzarin Padula

CRICIÚMA

2018

MORGANA POZZOLO

**ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE EXTRUSÃO NO
DESENVOLVIMENTO DE *BREADING* ESTILO *JAPANESE***

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado para obtenção do grau de
bacharel no curso de Engenharia Química
da Universidade do Extremo Sul
Catarinense, UNESC.

Criciúma, 05 de julho de 2018

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Miquele Lazarin Padula – UNESC - Orientador

Ma. Camila Machado de Oliveira – UNESC

Mariana Aléssio Cardoso – Nutricionista – Lili Indústria Alimentícia Ltda.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha família, principalmente meus pais, Eloi e Maria Salete, que me apoiaram e me incentivaram nos momentos mais difíceis ao longo desses anos de graduação.

À professora Miquele Lazarin Padula, pelo apoio, amizade e pela orientação no desenvolvimento deste trabalho acadêmico.

Aos professores Maykon Cargnin e Maria Alice Prado Cechinel, pela amizade, apoio e auxílio ao longo da graduação e neste trabalho.

À Lili Indústria Alimentícia Ltda., em especial ao Diego Aléssio Cardoso e Ramiro Cardoso, pela oportunidade de estágio, proposta deste desafio e fornecimento dos materiais para a produção deste trabalho.

A minha supervisora de estágio, Mariana Aléssio Cardoso, pelos conhecimentos compartilhados.

À Camila Machado de Oliveira, pelo auxílio na elaboração e interpretação das análises estatísticas.

Ao laboratório de química da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, pelo fornecimento de materiais e espaço para a realização das análises.

Aos meus colegas, Aline, Amanda, Davi e Maria Virgínia, pelo apoio, companheirismo e amizade durante os anos de graduação.

A todos os meus amigos que tiveram paciência, me deram apoio e amor, transmitidos ao longo do desenvolvimento deste trabalho e da graduação.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova ideia,
jamais volta ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

A produção de *breadding* estilo *japanese*, ou farinha *Panko*, é escassa no mercado nacional. Com isso, sua fabricação é importante para alimentar o comércio e reduzir a importação. O objetivo deste trabalho foi desenvolver esse estilo de *breadding*, avaliando as variáveis de processo, buscando alcançar suas características específicas. Para o desenvolvimento e avaliação das variáveis, foram utilizadas ferramentas como delineamento experimental e análises estatísticas. Além disso, foram realizadas análises quantitativas das características tecnológicas da farinha produzida, comparando-a com o produto de referência. A farinha com 50% de farinha de trigo, 46% de farinha de arroz, 2% de açúcar e 2% de sal obteve um melhor resultado e foi produzida em escala industrial. O seu rendimento foi de 35,7% quando processada em moinho de facas e suas características tecnológicas se mostraram promissoras em comparação com o produto de referência. Ainda, avaliou-se que o fluxo de água na extrusão dessa farinha interferiu diretamente em todas as características específicas do *breadding*. A partir dos resultados alcançados, foi possível conhecer os efeitos das variáveis de extrusão no desenvolvimento do *breadding* estilo *japanese*. Esses resultados mostraram diferenças sensoriais e tecnológicas entre o produto proposto e o produto de referência, indicando que maiores investigações são necessárias.

Palavras-chave: *Breadding* estilo *japanese*. Delineamento experimental. Variáveis de processo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Exportação estadual por setores industriais. | 14 |
| Figura 2 - Investimentos em diversos segmentos industriais estaduais. | 15 |
| Figura 3 - Participação dos segmentos de atividades nos investimentos estaduais (SC) em 2015. | 16 |
| Figura 4 - Corte longitudinal de um alimento empanado e suas camadas de cobertura. | 19 |
| Figura 5 - <i>Breading</i> estilo <i>japanese</i> , farinha <i>Panko</i> | 21 |
| Figura 6 - Cocção via condução elétrica no processo tradicional. | 22 |
| Figura 7 - Fluxograma da produção tradicional de farinha estilo oriental. | 23 |
| Figura 8 - Corte do equipamento extrusor e seus componentes. | 24 |
| Figura 9 - Formatos de alimentos extrusados. | 24 |
| Figura 10 - Fluxograma da produção da farinha oriental utilizando a técnica de extrusão. | 25 |
| Figura 11 - Diagrama de fases do trabalho. | 31 |
| Figura 12 - Amostras com interferência da Reação de <i>Maillard</i> (a) Formulação 1, (b) Formulação 2 e (c) Formulação 3. | 38 |
| Figura 13 - Amostras do delineamento experimental. (a) Teste 1a, (b) Teste 2a, (c) Teste 3a, (d) Teste 4a, (e) Teste 5a, (f) Teste 6a e (g) Teste 7a. | 39 |
| Figura 14 - Superfície de resposta para a variável cor. | 41 |
| Figura 15 - Produtos obtidos em escala industrial. (a) Teste 1b, (b) Teste 2b, (c) Teste 3b, (d) Teste 4b e (e) Teste 5b. | 42 |
| Figura 16 - (a) Produto referência e produtos obtidos em moinho de martelo. (b) Teste 1b, (c) Teste 2b, (d) Teste 3b, (e) Teste 4b e (f) Teste 5b. | 44 |
| Figura 17 - (a) Produto referência e produtos obtidos em moinho de facas. (b) Teste 1b, (c) Teste 2b, (d) Teste 3b, (e) Teste 4b e (f) Teste 5b. | 45 |
| Figura 18 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de martelo. Variáveis (a) Cor e (b) Textura. | 51 |
| Figura 19 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de martelo. Variáveis (a) Granulometria e (b) Densidade. | 52 |
| Figura 20 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de facas. Variáveis (a) Cor e (b) Textura. | 55 |

Figura 21 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de facas. Variáveis
(a) Granulometria, e (b) Densidade..... 56

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Valores máximos permitidos para farinhas de trigo..... | 17 |
| Tabela 2 - Composição das massas para avaliação da RM..... | 32 |
| Tabela 3 - Matriz de dados do planejamento experimental de misturas. | 33 |
| Tabela 4 - Matriz de dados do planejamento fatorial 2 ^k para análise dos parâmetros de processamento em escala industrial. | 33 |
| Tabela 5 - Especificações de extrusão..... | 34 |
| Tabela 6 - Resultado da avaliação de cor das misturas..... | 40 |
| Tabela 7 – Resultados da análise estatística dos dados do planejamento experimental de misturas. | 40 |
| Tabela 8 - Temperatura interna do produto extrusado. | 43 |
| Tabela 9 - Resultados de granulometria. | 45 |
| Tabela 10 - Resultados de densidade..... | 46 |
| Tabela 11 - Avaliação qualitativa da coloração das farinhas..... | 47 |
| Tabela 12 - Avaliação qualitativa da textura dos grãos obtidos na moagem.... | 47 |
| Tabela 13 - Análise de variância (ANOVA) aplicada a todas as variáveis respostas para as amostras processadas em moinho de martelo. | 49 |
| Tabela 14 - Análise de variância (ANOVA) aplicada a todas as variáveis respostas para as amostras processadas em moinho de facas..... | 53 |
| Tabela 15 - Resultados da determinação de <i>pick-up</i> | 58 |
| Tabela 16 - Resultados da determinação de absorção de óleo. | 58 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| FA | Farinha de Arroz |
| FIESC | Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina |
| FS | Farinha de Soja |
| FT | Farinha de Trigo |
| IN | Instrução Normativa |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| PRM | Produto de Reação de <i>Maillard</i> |
| RDC | Resolução da Diretoria Colegiada |
| RM | Reação de <i>Maillard</i> |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 13 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 3.1 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA | 14 |
| 3.2 FARINÁCEOS | 16 |
| 3.3 FARINHA PARA EMPANADOS..... | 17 |
| 3.4 SISTEMAS DE COBERTURA | 18 |
| 3.4.1 <i>Breading</i> | 19 |
| 3.4.2 <i>Breading estilo japonês (farinha Panko)</i> | 21 |
| 3.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO | 22 |
| 3.6 VARIÁVEIS DE PROCESSO..... | 25 |
| 3.7 REAÇÃO DE <i>MAILLARD</i> | 27 |
| 3.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL..... | 29 |
| 4 METODOLOGIAS | 31 |
| 4.1 DESENVOLVIMENTO DA RECEITA..... | 31 |
| 4.2 EXECUÇÃO DE FORMULAÇÃO EM ESCALA INDUSTRIAL..... | 33 |
| 4.3 ANÁLISES DE CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS..... | 36 |
| 4.3.1 <i>Determinação do pick-up</i> | 36 |
| 4.3.2 <i>Absorção de óleo</i> | 37 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 38 |
| 5.1 DESENVOLVIMENTO DA RECEITA..... | 38 |
| 5.2 EXECUÇÃO DA FORMULAÇÃO EM ESCALA INDUSTRIAL..... | 41 |
| 5.3 ANÁLISES DE CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS..... | 57 |
| 5.3.1 <i>Determinação do pick-up</i> | 57 |
| 5.3.2 <i>Absorção de óleo</i> | 58 |
| 6 CONCLUSÃO | 59 |

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de coberturas são utilizados para a proteção e aumento da vida de prateleira dos produtos empanados. O empanamento se dá por três camadas, onde uma delas é o *breanding*, que se enquadra como a camada final da cobertura. Um dos exemplos de *breanding* é conhecido como farinha *Panko*, *breanding* estilo *japanese* ou estilo oriental. Essa cobertura tem um formato de lascas, o que confere um efeito crocante ao alimento. Para a produção da farinha *Panko*, existem dois processos mais conhecidos: por cocção via condução elétrica e o outro por extrusão. Esse segundo viabiliza a redução do tempo de processo, porém há diversas variáveis que podem interferir nas características do produto como, por exemplo, a coloração e granulometria.

O mercado atual para esse tipo de *breanding* é escasso, visto que o produto é de origem oriental e pouco conhecido nacionalmente. É mais utilizado em cozinhas orientais, tendo maior importação do que produção. Há pouco conhecimento sobre seu processo produtivo e variáveis envolvidas. A baixa produção também pode estar ligada ao equipamento utilizado no preparo, o que pode resultar em um alto investimento inicial. Porém, com o domínio desses fatores, o produto ganha um alto valor agregado.

A coloração e o formato dessa farinha têm características bem específicas, sendo a coloração a mais clara possível e a configuração floculada. Para alcançar essas características, variáveis como matérias-primas e moagem são importantes, pois a composição da farinha vai influenciar em sua coloração e, para a moagem, caso seja escolhido um equipamento incorreto, o produto pode ser reduzido a pó, o que é indesejável.

Para o desenvolvimento de uma receita onde a coloração e a granulometria do produto estejam adequadas, é necessária a realização de diversos testes até se alcançar o resultado desejado. O delineamento experimental é uma importante ferramenta que auxilia no desenvolvimento de um produto, possibilitando a avaliação das características adquiridas, alterando os componentes da formulação ou até mesmo o método de produção, variáveis de processamento como, por exemplo, temperatura, fluxo de água e tipo de equipamento. Com o estudo desses

parâmetros, é possível verificar a contribuição de cada variável na obtenção do produto desejado.

Desta forma, o presente trabalho consiste no estudo dos efeitos das variáveis de extrusão no desenvolvimento de *breeding* estilo *japanese*, visando contribuir com o desenvolvimento de um produto nacional que apresente características similares ao produto importado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar os efeitos das variáveis de extrusão no desenvolvimento de *breading* estilo *japanese*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir e selecionar ingredientes considerando as características específicas de *breading* estilo *japanese*;
- Desenvolver formulações, em escala laboratorial, para o novo produto com auxílio de estudos estatísticos;
- Testar, em escala industrial, as formulações recomendadas pela análise estatística;
- Avaliar os parâmetros físicos (granulometria e densidade) e, visualmente, avaliar a textura e a cor das farinhas obtidas a partir das diferentes formulações;
- Eleger a melhor formulação considerando o resultado estatístico;
- Determinar as características tecnológicas da farinha selecionada e produto referência;
- Comparar os resultados obtidos para os dois produtos analisados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Para o ser humano, o alimento é imprescindível para a sobrevivência. Com isso, desenvolveram-se ao longo de anos maneiras de conservá-los e consumi-los. Porém, nos primórdios, alguns alimentos deviam ser consumidos rapidamente, pois corriam o risco de rancificar, estragar e apodrecer ao longo do tempo. Com a revolução industrial, os alimentos obtiveram um novo caminho, onde a tecnologia proporcionou novos produtos, renovação de técnicas agrícolas e industriais, descobertas sobre a fermentação, produção de bebidas fermentadas em larga escala e desenvolvimento de processos técnicos para a conservação de alimentos (ABREU, 2000).

De acordo com a Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina - FIESC (2015), o estado de Santa Catarina é um dos maiores exportadores nacionais no segmento alimentar e, a partir de uma coleta de dados, no ano de 2015, pode-se perceber que é o setor que mais exporta, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Exportação estadual por setores industriais.

| Setores | Jan-Dez/2015 US\$ (A) | Jan-Dez/2015 (%) |
|---|--------------------------|---------------------|
| AGROALIMENTAR | 2.511.124.486 | 39,2% |
| MÓVEIS E MADEIRA | 797.674.610 | 12,4% |
| ENERGIA | 724.860.258 | 11,3% |
| BENS DE CAPITAL | 659.354.618 | 10,3% |
| INDÚSTRIAS EMERGENTES | 491.631.306 | 7,7% |
| PRODUTOS QUÍMICOS E PLÁSTICO | 270.223.331 | 4,2% |
| CELULOSE E PAPEL | 250.833.412 | 3,9% |
| METALMECÂNICO E METALURGIA | 232.025.002 | 3,6% |
| TÊXTIL E CONFECÇÃO | 153.979.263 | 2,4% |
| CERÂMICO | 153.385.992 | 2,4% |
| OUTROS INDUSTRIAIS | 113.117.540 | 1,8% |
| TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO | 29.283.958 | 0,5% |
| SAÚDE | 15.289.258 | 0,2% |
| ECONOMIA DO MAR | 4.546.501 | 0,1% |

Fonte: FIESC / Análise do comércio 2016 internacional catarinense (2015).

Segundo Debona (2015), o faturamento das indústrias alimentícias em Santa Catarina entre 2007 e 2011 cresceu 8%, o dobro da média nacional. Com isso, percebe-se porque o setor recebe o maior investimento estadual, como descreve a Figura 2.

Figura 2 - Investimentos em diversos segmentos industriais estaduais.

| Segmentos de atividade | Em SC (R\$) | Em outros estados (R\$) | No exterior (R\$) | TOTAL (R\$) |
|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Produtos Alimentícios | 669.321.403,04 | 150.538.438,29 | 0,00 | 819.859.841,33 |
| Produtos Têxteis | 21.493.923,43 | 4.012.000,00 | 0,00 | 25.505.923,43 |
| Confecções de Artigos do Vestuário e Acessórios | 55.107.310,90 | 52.499.389,68 | 0,00 | 107.606.700,58 |
| Produtos de Madeira | 22.654.480,00 | 0,00 | 0,00 | 22.654.480,00 |
| Celulose, Papel e Produtos de Papel | 215.208.579,71 | 25.208.000,00 | 0,00 | 240.416.579,71 |
| Edição, Impressão e Reprodução de Gravações | 12.150.000,00 | 0,00 | 20.000.000,00 | 32.150.000,00 |
| Produtos Químicos | 17.637.961,00 | 0,00 | 0,00 | 17.637.961,00 |
| Artigos de Borracha e Plástico | 3.105.000,00 | 3.100.000,00 | 0,00 | 6.205.000,00 |
| Produtos de Minerais Não-Metálicos | 150.511.226,40 | 61.000.000,00 | 0,00 | 211.511.226,40 |
| Metalurgia Básica | 29.172.662,68 | 44.213,15 | 0,00 | 29.216.875,83 |
| Produtos de Metal – exceto Máquinas | 53.045.558,00 | 0,00 | 0,00 | 53.045.558,00 |
| Máquinas e Equipamentos | 21.610.749,94 | 0,00 | 30.000,00 | 21.640.749,94 |
| Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos | 200.303.705,00 | 46.809.000,00 | 271.047.000,00 | 518.159.705,00 |
| Material Eletrônico, Apar. e Equip. de Comunic. | 20.455.000,00 | 3.267.000,00 | 0,00 | 23.722.000,00 |
| Veículos Automotores e Autopeças | 645.938,59 | 0,00 | 0,00 | 645.938,59 |
| Artigos do Mobiliário | 10.448.507,00 | 0,00 | 0,00 | 10.448.507,00 |
| Tecnologia, Automação | 3.252.959,26 | 0,00 | 0,00 | 3.252.959,26 |
| Bebidas | 200.000,00 | 0,00 | 0,00 | 200.000,00 |
| TOTAL | 1.506.324.964,95 | 346.478.041,12 | 291.077.000,00 | 2.143.880.006,07 |

Fonte: FIESC / Panorama e perspectivas dos investimentos da indústria catarinense de 2015 a 2018 (2015).

Com as informações da Figura 2, percebe-se que o investimento no setor é alto também nacionalmente, em torno de 820 milhões de reais, ressaltando a importância do setor alimentício.

Segundo as estatísticas da FIESC (2015), o segmento alimentar foi responsável por 44% dos investimentos realizados pelas indústrias de Santa Catarina em 2015, ficando em primeiro lugar, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Participação dos segmentos de atividades nos investimentos estaduais (SC) em 2015.



Fonte: FIESC / Panorama e perspectivas dos investimentos da indústria catarinense de 2015 a 2018 (2015).

A tecnologia de alimentos é uma área de atividades multiprofissionais, onde atuam engenheiros químicos, agrônômicos, de alimentos, de pesca, além de químicos, farmacêuticos, nutricionistas, biólogos, veterinários e tecnólogos de alimentos (GAVA, 2009).

A atuação do engenheiro químico na área de alimentos é na transformação de matérias-primas em produto final, pois há a necessidade de conhecer as operações unitárias utilizadas no processo. Também há oportunidades na área de gestão de qualidade, pesquisa e desenvolvimento, controle e otimização do processo, controle ambiental de rejeitos e efluentes industriais (FOOD SERVICE NEWS, 2015).

3.2 FARINÁCEOS

O ingrediente mais utilizado em produtos alimentícios é a farinha, sendo ela de origem vegetal ou cereal. O trigo, milho, aveia, arroz, cevada, sorgo e centeio são os cereais mais utilizados para consumo humano e as propriedades singulares das proteínas do trigo, depois de hidratadas, o tornou um dos cereais mais importantes em processamento de alimentos (CAUVIN; YOUNG, 2009).

Na moagem, o objetivo é quebrar o grão cereal, retirando o máximo de endosperma (livre de farelo e de germe) e reduzi-lo a farinha (GUTKOSKI; ANTUNES; ROMAN, 1999).

De acordo com Cauvin e Young (2009), as farinhas integrais e de trigo integral, que não tiveram suas estruturas alteradas, tendem a apresentar um conteúdo protéico maior do que as farinhas brancas. Porém, segundo Evangelista (2005), o glúten de trigo, soja e farinha de amendoim estão entre os alimentos de origem vegetal com maiores teores protéicos.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA estabeleceu a resolução nº 12, de 1978 para definição de farinhas de vegetais, onde indica que os padrões de umidade devem ser menores que 15% (BRASIL, 1978). Já a Instrução Normativa - IN nº 8 de 2005 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA estabelece outros critérios para farinhas de trigo, como mostra a Tabela 1 (BRASIL, 2005).

Tabela 1 - Valores máximos permitidos para farinhas de trigo.

| Tipos | Teor de Cinzas (máx.) | Granulometria | Teor de Proteína (mín.) | Acidez Graxa (mg de KOH/100g) (máx.) | Umidade (máx.) |
|-----------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|---|-----------------------|
| Tipo 1 | 0,8% | 95% do produto | 7,5% | 100 | 15% |
| Tipo 2 | 1,4% | passante em malha | 8% | | |
| Integral | 2,5% | de 250 µm | 8% | | |

Fonte: Brasil (2005).

3.3 FARINHA PARA EMPANADOS

O processo de empanar ou enfarinhar consiste na cobertura do produto, sendo responsável por sua cor, odor, sabor, textura (crocância) e aparência, o que torna o alimento bem aceito e amplamente consumido pelos mais diversos consumidores (PONTES, 2017).

Segundo Moura (2000), há uma procura por alimentos práticos e cômodos na hora do preparo. Com isso, o consumo de produtos empanados cresceu nos últimos anos. Para a preparação desses produtos, é comum a utilização de farinha de rosca, que definida pela Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000, é o produto obtido pela moagem de pão torrado (BRASIL, 2000). A farinha de rosca tem sido ainda produzida a partir de massa de pão moída. No entanto, o processo limita a produção de novos produtos e depende de muito tempo, o que encarece o processo e o custo final do produto (MOURA, 2000).

Existem diferentes tipos de coberturas para empanar peixes, carnes ou hortaliças, incluindo farinha integral de trigo, cevada e centeio, a farinha de milho, que pode ser misturada com flocos de batata para dar um efeito de dois tons quando aplicada a hortaliças (FELLOWS, 2006).

A elaboração de novas formulações, novos métodos de produção de farinha para empanar e novas necessidades de resposta aos diferentes métodos de preparo, como a fritura por imersão, o forno convencional e o micro-ondas, tem sido um desafio para os profissionais da área de alimentos (MOURA, 2000).

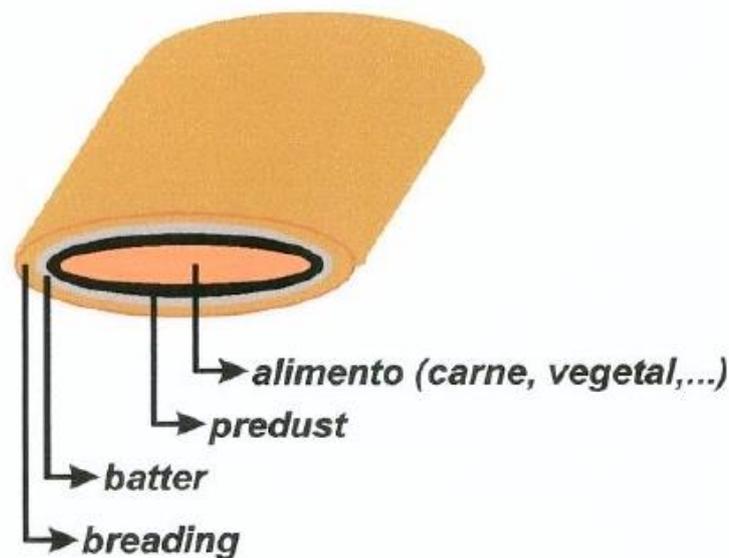
3.4 SISTEMAS DE COBERTURA

Para os produtos empanados terem um tempo maior de vida de prateleira, são utilizados sistemas de cobertura, que evita a perda de água do produto, protege de danos mecânicos e cria uma barreira contra migração de gases. A utilização de sistemas de cobertura tem como intenções, dentre várias, a agregação de valor ao produto, apelo visual, conveniência e proporcionar diferentes características sensoriais (MOURA, 2000).

Conforme GL-Laboratories Worldwide (2000 apud DILL; DA SILVA; LUVIELMO, 2009, p.36) “os sistemas de cobertura são qualquer combinação de ingredientes à base de cereal ou não cereal, que reveste um substrato protéico ou não-protéico, fornecendo ao produto acabado atributos como sabor, textura e aparência”.

Os sistemas de empanamento são constituídos de três camadas, o *predust*, o *batter* e o *breeding*. Segundo Moura (2000), o *predust*, ou pré-enfarinhamento, é a primeira camada, que tem como objetivo ligar o substrato e o *batter*, favorecer a manutenção do sabor, reter umidade e evitar o encolhimento. A ligação ocorre pela umidade do substrato a ser empanado. O *batter* age como camada ligante entre o substrato e a camada mais externa. O *breeding*, em sua composição, pode ter ingredientes que alteram cor, sabor e estabilidade (DILL; DA SILVA; LUVIELMO, 2009), de acordo com Moura (2000) é a camada externa da cobertura, sendo responsável pelo apelo visual, textura e diferenciação entre os produtos. As camadas podem ser visualizadas na Figura 4, que demonstra o corte longitudinal de um alimento empanado, bem como as camadas formadas pelo sistema de cobertura.

Figura 4 - Corte longitudinal de um alimento empanado e suas camadas de cobertura.



Fonte: Moura (2000).

3.4.1 Breeding

Segundo Dill, da Silva e Luvielmo (2009), o *breeding*, ou farinha de cobertura, também pode ser definido como sendo uma base de cereal, geralmente obtido por processamento térmico, podendo ser condimentado ou não. Conforme GL-Laboratories Worldwide (2000 apud DILL; DA SILVA; LUVIELMO, 2009, p.41) “o

termo abrange uma extensa variedade de produtos, desde uma farinha de trigo não temperada e não cozida, até uma farinha derivada de pão sofisticado, tal como a estilo japonesa.”

O *breeding* grosso apresenta a maior granulometria, porém a cobertura pode se desprender durante o transporte ou a manipulação. Visualmente, tem um impacto maior, mas a má cobertura do produto não rende uma boa absorção de umidade. O *breeding* médio possui uma maior área superficial e com isso, tem uma melhor aderência e cobertura, possibilita uma maior taxa de absorção de água e contribui para um bom rendimento. O *breeding* fino, por aprestar uma alta relação área superficial e volume, absorve umidade mais rapidamente. Com sua massa menor, o *breeding* fino fornece boa cobertura, porém um baixo rendimento (DILL; DA SILVA; LUVIELMO, 2009).

Segundo Dill, da Silva e Luvielmo (2009), há quatro tipos de *breeding*: os tradicionais, extrusado, americano e *japanese*. O tradicional é de granulometria fina, podendo ser utilizado também como *predust*, tem baixo custo e uma textura pouco agradável. O *breeding* extrusado é obtido em processo contínuo, onde a mistura é cozida sob pressão, tem crocância próxima as farinhas de pão e pode ser produzido em larga escala. O americano é uma cobertura arredondada com pedaços de crostas, semelhante a farinha de rosca caseira. O *breeding japanese*, também chamado de “estilo oriental” ou “estilo Panko”, é produzido a partir de métodos que garantem homogeneidade térmica, uniformidade na cor dos grãos, tem forma alongada e livre de crostas, possui excelente aparência.

Dill, da Silva e Luvielmo (2009) afirmam que a característica de absorção de um *breeding* depende de propriedades como densidade, granulometria e absorção de gordura, onde a absorção de água numa farinha é inversamente proporcional a sua densidade. Sendo assim, farinhas muito densas tendem a ter uma absorção de água lenta. Já a granulometria interfere na área superficial de absorção. Os autores descrevem que o *breeding* com granulometria muito fina tem maior área superficial de absorção, porém a umidade estará presente numa camada muito fina, e as grossas expõem uma área menor, porém a umidade estará com uma camada mais espessa. A absorção de gordura é diretamente proporcional a porosidade do *breeding*, ou seja, quanto mais poroso maior será a absorção.

3.4.2 *Breading* estilo *japanese* (farinha *Panko*)

O *breading* estilo *japanese*, também conhecido como *breading* estilo oriental ou farinha *Panko*, é utilizado em cozinhas orientais para o preparo de tempurás (legumes e frutos do mar empanados) e sushis empanados, porém seu uso pode ser mais amplo, chegando a utilização em frangos, peixes e carnes (DARLEY; DYSON; GRIMSHAW, 1983).

Seu uso atribui uma textura mais atrativa ao consumidor, conferindo crocância superior a outros sistemas de cobertura, e retém essa característica por mais tempo. “Esta farinha tem menor fragilidade e um tamanho uniforme, sua forma é em lascas o que dá o seu efeito crocante” (DARLEY; DYSON; GRIMSHAW, 1983). A Figura 5 demonstra o formato da farinha.

Figura 5 - *Breading* estilo *japanese*, farinha *Panko*.



Fonte: Autora (2018).

De acordo com Darley, Dyson e Grimshaw (1983), esse estilo de farinha é convencionalmente formado por um procedimento que envolve uma preparação de massa de pão convencional, seguida por cozedura, por indução ou resistência

rápida. Para seu desenvolvimento é realizada uma combinação de farináceos, água, sal, açúcares e gorduras.

3.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO

Segundo Darley, Dyson e Grimshaw (1983), a produção de farinha para empanar estilo oriental possui um longo tempo de produção que pode ser reduzido com novas tecnologias de processo. A produção tradicional se dá pela mistura de matérias-primas, secas e úmidas, em misturadores com tempos padrões de 5 a 8 minutos de ação. Assim que a massa é produzida, segue para fermentação em recipientes por um período em torno de 30 a 60 minutos. Em seguida, a massa é separada em porções menores e depositada em recipientes retangulares de madeira, que possuem placas de metais que atuam como condutor elétrico. Essas placas atuam na cocção por corrente elétrica num período de 12 minutos. A Figura 6 exemplifica os recipientes utilizados.

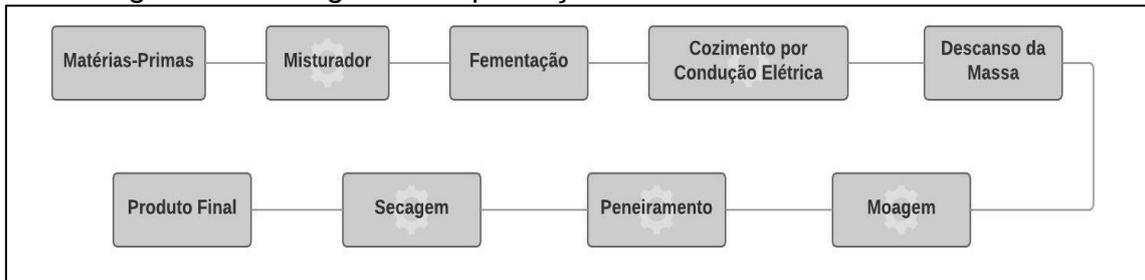
Figura 6 - Cocção via condução elétrica no processo tradicional.



Fonte: Upper Crust Enterprises Inc. (2010).

Após esse processo, a massa fica em repouso para esfriar por completo, evaporar e envelhecer durante uma noite. Por fim, o pão então é moído, até a granulometria especificada, e após é seco até atingir o teor de umidade final do produto, geralmente em torno de 8 a 10% (DARLEY; DYSON; GRIMSHAW, 1983). O fluxograma do processo é exemplificado na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma da produção tradicional de farinha estilo oriental.

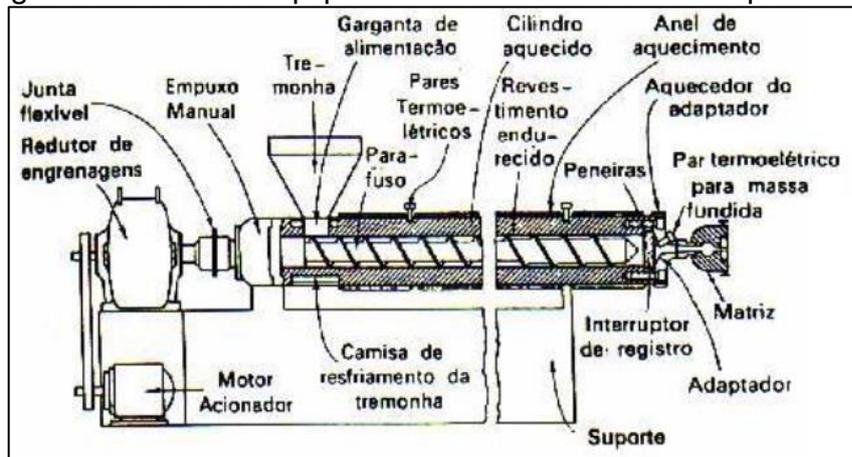


Fonte: Adaptado de Darley, Dyson e Grimshaw (1983).

Darley, Dyson e Grimshaw (1983) elaboraram um novo fluxograma, devidamente patenteado, que possibilita um tempo menor de processo. O processamento se dá pela mistura das matérias-primas, as secas e úmidas são misturadas separadamente, de forma que confirmam homogeneidade para alimentação do processo seguinte, e as composições devem render na massa final uma umidade em torno de 42 a 47% em peso. As matérias-primas previamente misturadas e a água são alimentadas em uma extrusora, as roscas do equipamento fazem com que os materiais se misturem por completo, conferindo homogeneidade à massa até o momento de extrusão. Isso se dá por conta das altas forças de cisalhamento que ocorrem na mistura, o tempo que a massa permanece dentro do equipamento é curto, levando de 30 a 60 segundos.

Ainda de acordo com Darley, Dyson e Grimshaw (1983), na extrusão, a massa já sofre aquecimento e, por consequência, há um inchamento dos grânulos de amido contidos em seus componetes. Por conta desse aquecimento, a massa sofre uma leve cocção até chegar ao final da extrusora, onde é submetida à pressões na faixa de 75 a 120 psi para se obter o formato. Na saída, o produto chega a uma temperatura de 35 a 45 °C. A Figura 8 descreve o funcionamento de uma extrusora.

Figura 8 - Corte do equipamento extrusor e seus componentes.



Fonte: Guerreiro (2007).

Na matriz da extrusora, exposta na Figura 6, determina-se o formato desejado do produto. Alguns dos formatos obtidos por diversas matrizes podem ser vistas na Figura 9.

Figura 9 - Formatos de alimentos extrusados.

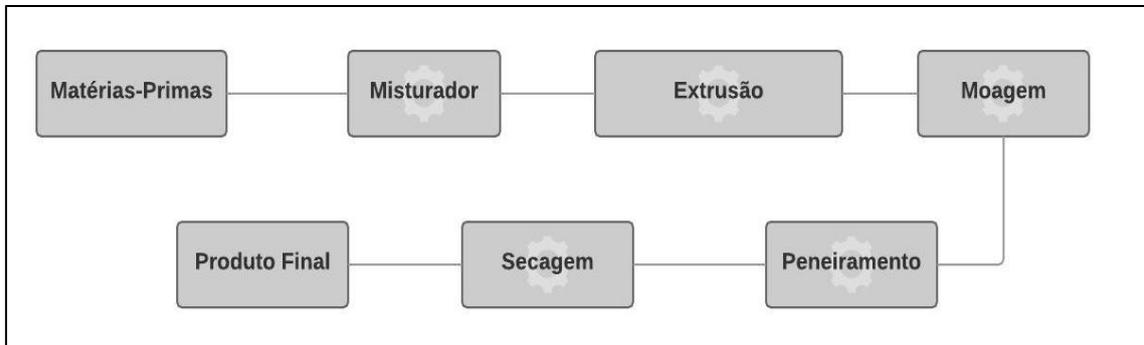


Fonte: INMAP Equipamentos (2017).

Na sequência, o pão resfriado, formado na extrusão, vai para um moinho de leve tensão para a obtenção da farinha estilo oriental, que tem a aparência de longas lascas. Por fim, a farinha segue para uma peneira, para seleção do produto moído, e, na sequência, para um secador, que retira a umidade da produção. A secagem é feita até as migalhas terem um nível de umidade abaixo de 12%, com uma preferência de 3 a 7% (DARLEY; DYSON; GRIMSHAW, 1983).

Esse processo contínuo reduz notavelmente o tempo de preparo, o que, em larga escala, faz com que a produção aumente consideravelmente. O fluxograma do processo é exemplificado na Figura 10.

Figura 10 - Fluxograma da produção da farinha oriental utilizando a técnica de extrusão.



Fonte: adaptado de Darley, Dyson e Grimshaw (1983).

A diferença dos dois processos se dá pela extrusora, que auxilia na redução do tempo de processo da farinha. Conforme Moura (2000), o processo de extrusão tem diversas vantagens como, por exemplo, grande versatilidade, produção contínua em larga escala, baixo custo de mão de obra, elevada capacidade de produção utilizando um pequeno espaço, ausência da produção de efluentes, tempo reduzido de produção. Uma das principais vantagens do processo é a ação conjunta de operações unitárias (mistura, cisalhamento, cozimento, secagem e texturização) em um único, eficiente e rápido processo.

3.6 VARIÁVEIS DE PROCESSO

O processo de produção possui variáveis que podem alterar o produto final, como a variação de matéria-prima, umidade e temperatura de extrusão, métodos de moagem e o uso de aditivos alimentares. A umidade interfere na expansão do produto extrusado. Quando a extrusão acontece com umidades em torno de 18 a 25%, o material tende a ter uma expansão significativa. Outro fator importante que implica na estrutura do material é a taxa de evaporação na matriz da extrusora, que interfere na textura e resistência à ruptura. Quando a evaporação da água na matriz da extrusora acontece de forma instantânea, confere ao produto uma estrutura porosa e expandida, já quando acontece de forma lenta, confere uma estrutura compacta, pois permite a solidificação da estrutura (MOURA, 2000).

A taxa de evaporação está ligada diretamente com a temperatura de extrusão, onde o equipamento tem um gradiente de temperatura. Moura (2000) cita que a força de quebra diminui significativamente com o aumento da temperatura no processo.

Como o produto tem formato de lascas, a moagem deve ser realizada em equipamentos que forneçam este formato. Segundo Fellows (2006), o moinho de martelo é utilizado em materiais cristalinos e fibrosos, podendo ser operado de três formas, onde uma delas contém uma malha na saída do moinho, fazendo com que o alimento permaneça no moinho até que as partículas sejam suficientemente pequenas para passar através da abertura da malha. Sob essas condições, o equipamento atua com forças de cisalhamento, que exercem um papel importante na redução de tamanho. O autor também afirma que para a obtenção de materiais em formato de tiras ou fiapos, pode ser utilizado um moinho de martelo modificado, no qual facas são utilizadas no lugar dos martelos, para a ação do corte. A moagem do processo deve ser realizada com moinhos de baixa tensão. Além da trituração, é realizada a seleção de granulometria para que o material seja homogêneo, já que esta é uma das características do produto (DARLEY; DYSON; GRIMSHAW, 1983).

As matérias-primas são importantes para a produção de qualquer produto. A composição dos produtos pode alterar fatores tecnológicos, sensoriais e nutricionais. Em alguns produtos, a composição, ou até mesmo a substituição de alguma matéria-prima, pode reduzir o custo do produto final e melhorar suas características. Um exemplo são os aditivos alimentares, que quando adicionados nos alimentos conseguem alterar propriedades específicas melhorando o produto final.

As farinhas para empanar são formadas de diversas matérias-primas, mas em praticamente toda formulação a farinha de trigo está presente, geralmente em proporções bem representativas. Ela tem grande influência sobre as características sensoriais, sabor e textura das farinhas para empanar, bem como complementa os seus componentes principais, no caso o amido e a proteína. Outros farináceos podem ser adicionados à receita, desde que avaliada a alteração tecnológica ou sensorial que a farinha irá sofrer, as mais utilizadas são as de milho, arroz e soja (MOURA, 2000).

A utilização de ácido ascórbico (vitamina C) como aditivo alimentar, altera as propriedades reológicas da farinha. Sua concentração na farinha de trigo influencia na tenacidade da farinha e a qualidade da massa feita com farinha de trigo aditivada é superior em tenacidade do glúten (MENEGUSSO et al., 2012).

Os emulsificantes são utilizados para a obtenção de homogeneidade do produto e podem aumentar o *shelf-life*, ou vida de prateleira. Além desses fatores, os emulsificantes são aditivos funcionais extensivamente utilizados pela indústria de alimentos para melhorar a textura, a estabilidade, o volume, a maciez, a aeração e a homogeneidade, agregando qualidade aos produtos (DOS SANTOS; MING; GONÇALVES, 2014).

As farinhas também são compostas por percentuais de açúcar e sal, mas em relação ao açúcar deve-se ter uma atenção especial, pois de acordo com Francisquini et al. (2017), quando o açúcar atua junto aos protídeos, sofre reação de *Maillard*, desejável no processo de fritura, porém indesejável no processo de produção, pois altera características sensoriais como cor e sabor.

3.7 REAÇÃO DE MAILLARD

A Reação de *Maillard* (RM) se dá pelo contato entre um aminoácido ou proteína com açúcares (carboidratos). Pode ocorrer quando há aquecimentos ou armazenamento prolongado e pode alterar qualidades e propriedades sensoriais, como cor, sabor e aroma (COSTA; BARBOSA, 2017). Segundo Francisquini et al. (2017), a RM é uma reação não enzimática, descoberta em 1912 por Louis Camille Maillard durante a tentativa da síntese de peptídeo em condições fisiológicas.

Conforme Costa e Barbosa (2017), antes de consumidos, a maior parte dos alimentos sofre tratamento térmico para segurança microbiológica, inativação de algumas enzimas, degradação de substâncias tóxicas e desenvolvimento de substâncias responsáveis pelo aroma, sabor e cor, melhorando a sua palatabilidade. Como os alimentos industrializados são os mais consumidos atualmente, e comumente sofrem processos térmicos, o consumo de produtos da reação de *Maillard* (PRM) aumentou nos últimos anos. Os produtos dessa reação estão

presentes em qualquer alimento que sofre tratamento térmico, como alimentos fritos, assados em churrasqueiras, cozidos em fornos convencionais ou de microondas.

Conforme Francisquini et al. (2017) a RM pode ser afetada por diversos fatores, como composição do alimento, pH, temperatura, atividade de água. O efeito do pH sobre a intensidade da reação é notável, onde a velocidade máxima ocorre em faixa alcalina, entre pH de 9 a 10. Shibao e Bastos (2011) descrevem que temperaturas maiores que 40 °C, atividade de água na faixa de 0,4 a 0,7, umidade relativa entre 30 e 70% e o tipo de açúcar redutor aceleram a velocidade de reação.

A RM é constituída de 3 etapas, inicial, intermediária e final. No estágio inicial, ocorre a condensação do grupo carbonila (-CO) de um açúcar redutor com um grupo amina (-NH₂) proveniente de um aminoácido ou proteínas, formando o composto glicosamina (glicosil/frutosilaminas) N-substituída, este é primeiro produto estável da RM, conhecido como produto de Amadori. O PRM formado nessa etapa não possui cor, fluorescência ou absorção característica na região do ultravioleta (SHIBAO; BASTOS, 2011).

Segundo Costa e Barbosa (2017), na etapa intermediária, quando há aquecimento ou prolonga-se o armazenamento, os produtos de Amadori sofrem uma série de reações, como desidratação, enolização e retroaldolização, resultando em composto dicarbonílicos, redutonas ou produtos de degradação de Strecker, ou seja, produtos de degradação de aminoácidos. Nessa etapa, se obtém compostos voláteis, como aldeídos, cetonas, pirazinas. De acordo com Shibao e Bastos (2011) no último estágio da RM, os produtos dicarbonílicos, muito reativos, podem agir com resíduos de lisinas ou arginina em proteínas. Nessa fase, ocorrem reações de fragmentação e polimerização, com geração de melanoidinas, que são compostos de coloração marrom e alto peso molecular, e de compostos fluorescentes.

De acordo com Costa e Barbosa (2017), a RM é considerada como a mais importante no processo de escurecimento dos alimentos, causando alterações nos aspectos sensoriais, desejáveis ou indesejáveis, com a geração de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e sabor, pelos aldeídos e cetonas, bem como pela cor, pelas melanoidinas.

3.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Conforme Viana, Azevedo e Pessoa (2007), o planejamento experimental para o estudo de misturas tem encontrado larga aplicação na ciência, na engenharia e, particularmente, na indústria, objetivando a otimização de vários processos. De acordo com Schwartz e Cislac (2009), a capacidade de formulação de massas e compostos é de grande importância para as indústrias que transformam matérias-primas em produtos. A atividade de desenvolvimento de massas busca formular composições que atendam a essas demandas por meio da mistura ajustada de matérias-primas adequadas, processadas de acordo com determinadas condições industriais.

Correia et al. (2005) explicam que para a obtenção de melhores resultados, o delineamento de misturas consiste em planejar e executar um experimento de processamento de misturas e ajustar modelos baseado na experiência, por meio de modelos matemáticos e ferramentas estatísticas aplicados aos dados medidos. O objetivo desse método é encontrar misturas cujas características sejam superiores às características individuais de cada um dos componentes (CORREIA et al., 2005).

A partir do planejamento experimental, obtêm-se resultados, pelo delineamento de misturas, e utilizam-se polinômios simplificados para relacionar a propriedade de interesse às diversas proporções de matérias-primas utilizadas. Isso possibilita a previsão quantitativa das propriedades de qualquer formulação no sistema estudado, fazendo um número reduzido de experimentos. Dependendo do modelo matemático escolhido (linear, quadrático, cúbico, etc.), o resultado de uma mistura genérica de até três componentes pode ser determinado numericamente a partir do conhecimento prévio das propriedades de cada componente original, bem como das misturas em determinadas proporções (VIANA; AZEVEDO; PESSOA, 2007).

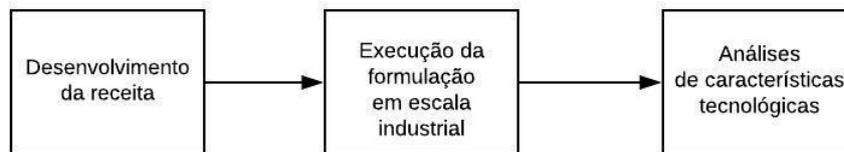
A modelagem experimental se dá pela determinação de um conjunto de variáveis de resposta, pensadas para representar a qualidade do produto, resultantes do tratamento matemático de possibilidades delimitadas de arranjos entre matérias-primas, sob determinadas condições de processo. Para o delineamento, podem-se utilizar três grupos de variáveis: os parâmetros de processo, variáveis de controle e variáveis de resposta. Com as informações alcançadas, obtêm-se como resultados os coeficientes numéricos, superfícies de respostas e variáveis estatísticas. Esses resultados permitem validar o experimento,

mensurar sua capacidade com antecedência, fazer previsões e formular (SCHWARTZ; CISLAGUI, 2009).

4 METODOLOGIAS

Este trabalho foi dividido em três fases, realizadas de forma sequencial. A Figura 11 mostra as fases do trabalho e suas dependências.

Figura 11 - Diagrama de fases do trabalho.



Fonte: Autora (2018).

4.1 DESENVOLVIMENTO DA RECEITA

Para a realização dos testes de mistura, foram utilizadas matérias-primas tradicionais empregadas na produção da Lili Indústria Alimentícia LTDA.

Foi realizado o desenvolvimento em laboratório de três massas com posterior cozimento, para a avaliação da influência na RM pelo percentual de açúcar presente na massa em função da temperatura de cozimento. Conforme Darley, Dyson e Grimshaw (1983), para a obtenção da farinha estilo *japanese* pode-se utilizar açúcar em um percentual de até 5%. Utilizou-se essa referência como base para a variação de açúcar presente no teste.

Os ingredientes foram pesados separadamente, misturados com adição de água e óleo, para dar liga à mistura, e então foi realizada a homogeneização e a extrusão com uma extrusora doméstica, da marca *Turning Food Centre*. As massas foram preparadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Composição das massas para avaliação da RM.

| Ingredientes | Formulação 1 | Formulação 2 | Formulação 3 |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Farinha de trigo | 52 % | 51 % | 50 % |
| Farinha de arroz | 46 % | 45 % | 44 % |
| Sal | 2 % | 2 % | 2 % |
| Açúcar | - | 2 % | 4% |

Fonte: Autora (2018).

Após o preparo das massas, foi realizada a cocção das mesmas em forno a gás convencional. Com esse teste, foi possível avaliar a cor do produto de acordo com o percentual de açúcar da massa.

Para o planejamento experimental, tomou-se como base o teste realizado anteriormente, sendo definido o teor de açúcar. Já o sal, foi fixado a partir de uma proporção de 1:1 baseada no açúcar. O teor de ambos foi fixado em 2%. Sendo assim, os componentes do planejamento experimental totalizaram 96%.

A composição ideal do produto foi determinada pela metodologia estatística de um planejamento experimental de misturas, variando três componentes, a farinha de trigo - FT, farinha de arroz - FA e farinha de soja - FS. Os limites impostos para cada componente foram avaliados a partir da possível interferência na coloração e nas qualidades tecnológicas do produto, sendo de 50-80% para FT, 40-45% para FA e 0-5% para FS.

Com base nessas considerações, elaborou-se o planejamento experimental de misturas com auxílio do *software Statistica 13.3 Trial Version* e com delineamento *simplex-centroide*. As misturas propostas são mostradas na Tabela 3.

Elaborou-se a formulação da mistura seca para a definição da melhor receita a ser utilizada em escala industrial. Foram realizadas em laboratório a mistura, extrusão e cocção das formulações, conforme o teste de avaliação da RM.

Tabela 3 - Matriz de dados do planejamento experimental de misturas.

| Testes | Farinha de Trigo | Farinha de Arroz | Farinha de Soja |
|--------|------------------|------------------|-----------------|
| 1a | 66% | 30% | 0% |
| 2a | 50% | 46% | 0% |
| 3a | 50% | 30% | 16% |
| 4a | 58% | 38% | 0% |
| 5a | 58% | 30% | 8% |
| 6a | 50% | 38% | 8% |
| 7a | 55,33% | 35,33% | 5,33% |

Fonte: Autora (2018).

A cor da mistura após a cocção foi adotada como variável resposta. Por ser um parâmetro qualitativo, foram atribuídos valores numéricos para suas variações, sendo o número 1 correspondente a cor marrom, 2 a cor intermediária e 3 a cor branca (desejada). Para esse teste, cinco pessoas avaliaram a cor e os dados foram inseridos no *software*, permitindo a obtenção de uma superfície de resposta.

4.2 EXECUÇÃO DE FORMULAÇÃO EM ESCALA INDUSTRIAL

Com a superfície de resposta encontrada com auxílio do *software*, definiu-se a melhor formulação e determinaram-se estatisticamente seus parâmetros de processamento para a escala industrial por um planejamento fatorial 2^k com dois fatores, apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de dados do planejamento fatorial 2^k para análise dos parâmetros de processamento em escala industrial.

| Experimento | Níveis | Fatores | | |
|-------------|--------|---------|-------------|-----------------------|
| | | | Aditivo (%) | Fluxo de água (L/min) |
| 1b | -1 | -1 | 0,00 | 0,1 |
| 2b | +1 | -1 | 0,04 | 0,1 |
| 3b | -1 | +1 | 0,00 | 0,3 |
| 4b | +1 | +1 | 0,04 | 0,3 |
| 5b | 0 | 0 | 0,02 | 0,2 |

Fonte: Autora (2018).

Os limites tratados do teor de aditivo foram determinados de acordo com os estudos realizados por Menegusso et al. (2012), onde o mesmo indicou que a presença de em torno de 0,02% de ácido ascórbico na farinha de trigo, há um aumento da tenacidade da farinha obtida. Já os de fluxo de água foram estabelecidos pelas especificações técnicas da extrusora utilizada na Lili Indústria Alimentícia LTDA.

Para o aditivo (ácido ascórbico) os limites tratados foram de 0-0,04%, sobre a massa trabalhada, e para o fluxo de água na extrusão foram de 0,1-0,3 L/min. A matriz de dados do planejamento fatorial também foi gerada com auxílio do *software Statística 13.3 Trial Version*.

Além do ácido ascórbico, foi adicionado o emulsificante monoglicérido, com o intuito de prolongar a vida de prateleira do produto. Porém, a mesma quantidade foi adicionada em todas as formulações propostas na Tabela 4, evitando interferências entre elas.

Todos os tratamentos estatísticos foram conduzidos a um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Inicialmente, foram pesadas separadamente as matérias-primas e aditivos alimentares, realizada a homogeneização e, na sequência, a extrusão em uma extrusora de rosca dupla da marca *Inbramaq*. As especificações realizadas no processo estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Especificações de extrusão.

| | |
|--------------------------------------|-------------------|
| Velocidade de corte da matriz | 360 ± 10 RPM |
| Zonas de aquecimento | Entrada: 55 ± 3°C |
| | Meio: 94 ± 2°C |
| | Saída: 153 ± 5°C |

Fonte: Autora (2018).

Na saída da extrusora, realizou-se a medida da temperatura interna do produto extrusado com um termômetro digital tipo espeto. Pois, Darley, Dyson e Grimshaw

(1983) indicam que a temperatura ideal do produto na saída da matriz de extrusão seja em uma faixa de 30-50°C.

As amostras obtidas sofreram moagem por dois métodos operacionais, em moinho de martelo, marca *Perozin*, empregado na Lili Indústria Alimentícia LTDA., e moinho de facas, marca *Mecanofar*, do Laboratório de Polímeros do I.Parque - UNESC (Parque Científico e Tecnológico da Universidade do Extremo Sul Catarinense), os dois com peneiras de abertura de 5 mm. Na sequência, passaram por testes de granulometria, para a análise dos processos de moagem, e avaliaram-se as suas respectivas densidades.

A análise granulométrica foi realizada com as amostras homogeneizadas, quarteadas e pesadas que, posteriormente, foram peneiradas com peneira de malha 20 Mesh (abertura de 0,831mm). Pesaram-se os materiais retidos e a análise foi realizada em triplicata.

Também realizaram-se, em triplicata, ensaios de densidade aparente (ρ). Obtiveram-se os resultados a partir da premissa de que a densidade é a relação da massa pelo volume que a comporta. Com isso, as amostras foram inseridas em provetas volumétricas até o volume de 500 mL e, posteriormente, as quantidades de massas foram pesadas, obtendo suas densidades aparentes, visto que não foi possível retirar o ar da massa inserida na vidraria. As Equações 1 e 2 demonstram como foram calculados os valores do percentual retido na peneira e a densidade aparente das amostras.

$$\% \text{ Retido} = \frac{\text{massa retida}}{\text{massa total}} \times 100 \quad (1)$$

$$\rho \text{ (g/mL)} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad (2)$$

Três avaliadores analisaram a coloração e textura das farinhas, a avaliação adotou o produto comercializado como referência. Por serem análises qualitativas, foram conferidos valores numéricos para suas variações. No parâmetro cor, o valor 1 correspondeu a coloração mais escura, 2 a cor intermediária e 3 a cor do produto

encontrado no mercado. Já para o parâmetro textura, o 1 correspondeu aos grãos compactos, 2 aos grãos intermediários e 3 aos grãos com textura porosa, característica esta encontrada no produto comercializado.

A granulometria, densidade, textura e coloração das amostras foram adotadas como variáveis respostas. Sendo assim, novas análises foram executadas com o *software Statistica 13.3 Trial Version*.

4.3 ANÁLISES DE CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Para a avaliação das características tecnológicas da farinha, obtida nas melhores condições indicadas pelos tratamentos estatísticos, a mesma foi peneirada e seca em estufa a 100 °C, para a obtenção do produto final, conforme o fluxograma do processo demonstrado na Figura 10. Na sequência, foram realizadas as análises de *pick-up* (quantidade de farinha aderida durante o empanamento) e a quantificação da absorção de óleo durante o processo de fritura. Os testes também foram aplicados à farinha existente no mercado, para comparar com os resultados obtidos. Para a realização das análises, foram utilizados pedaços de peito de frango com dimensões de 2 cm de largura x 3 cm de comprimento x 2 cm de altura, como *predust* empregou-se farinha de trigo e como *batter* foi utilizado gema e clara de ovo de galinha.

4.3.1 Determinação do *pick-up*

A avaliação foi realizada pela quantidade de cobertura que foi aderida ao produto durante o empanamento, e teve como resultado o percentual do peso total do produto empanado. O método foi conduzido conforme Johnson e Hutchison (1983 apud MOURA, 2000, p.32).

O cálculo (Equação 3) se baseia na fração da subtração das massas do produto com sistema de cobertura e sem, pela massa do produto empanado.

$$\%pick - up = \frac{me - mse}{me} \times 100$$

(3)

$$m_e = m_{se} + m_{pd} + m_{ba} + m_{br}$$

(4)

Onde: m_e = massa do produto empanado, m_{se} = massa do produto sem empanamento, m_{pd} = massa do *predust*, m_{ba} = massa do *batter*, m_{br} = massa do *breeding*.

4.3.2 Absorção de óleo

Para a quantificação de absorção de óleo no processo de fritura, foi realizada a diferença entre os teores de gordura antes e após o processo. Retirou-se o sistema de cobertura, *predust*, *batter* e *breeding*, de 5 pedaços de peito de frango, antes da fritura, secando-o a 130 °C por uma hora. Fritaram-se outros 5 pedaços em óleo de soja a uma temperatura de (160 ± 10) °C por 9 minutos. Escoou-se o óleo em excesso, em papel toalha, e foram removidos os sistemas de cobertura, secando-os a 130 °C por uma hora. Com as massas obtidas após a secagem das coberturas, foram retiradas três alíquotas de cada amostra, antes da fritura e após, com o objetivo de avaliar os teores de gordura.

A análise de gordura foi executada a partir do método de Bligh-Dyer, descrito por Cecchi (2003), que se fundamenta na extração dos lipídeos com clorofórmio e metanol, sem aquecimento, com posterior separação das frações, de água e lipídeos, e secagem até obtenção da massa lipídica. O cálculo se baseia na fração da massa lipídica e a massa inicial da análise, como mostra a Equação 5.

$$\% \text{ Lipídeos} = \frac{\text{massa lipídica}}{\text{massa inicial}} \times 100$$

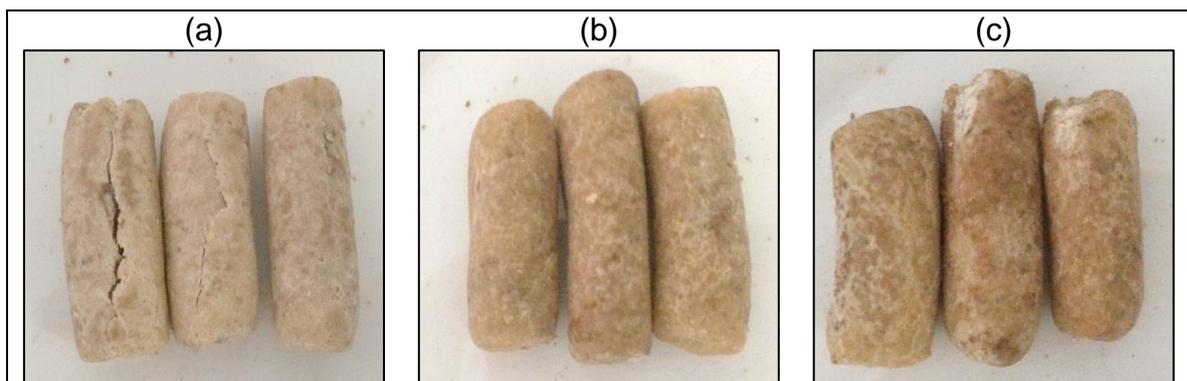
(5)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DESENVOLVIMENTO DA RECEITA

O primeiro teste viabilizou a avaliação da interferência da RM com aquecimento e cocção, pois a RM é indesejável no produto final, alterando sua coloração no processamento. As amostras apresentaram diferentes colorações, como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Amostras com interferência da Reação de *Maillard* (a) Formulação 1, (b) Formulação 2 e (c) Formulação 3.

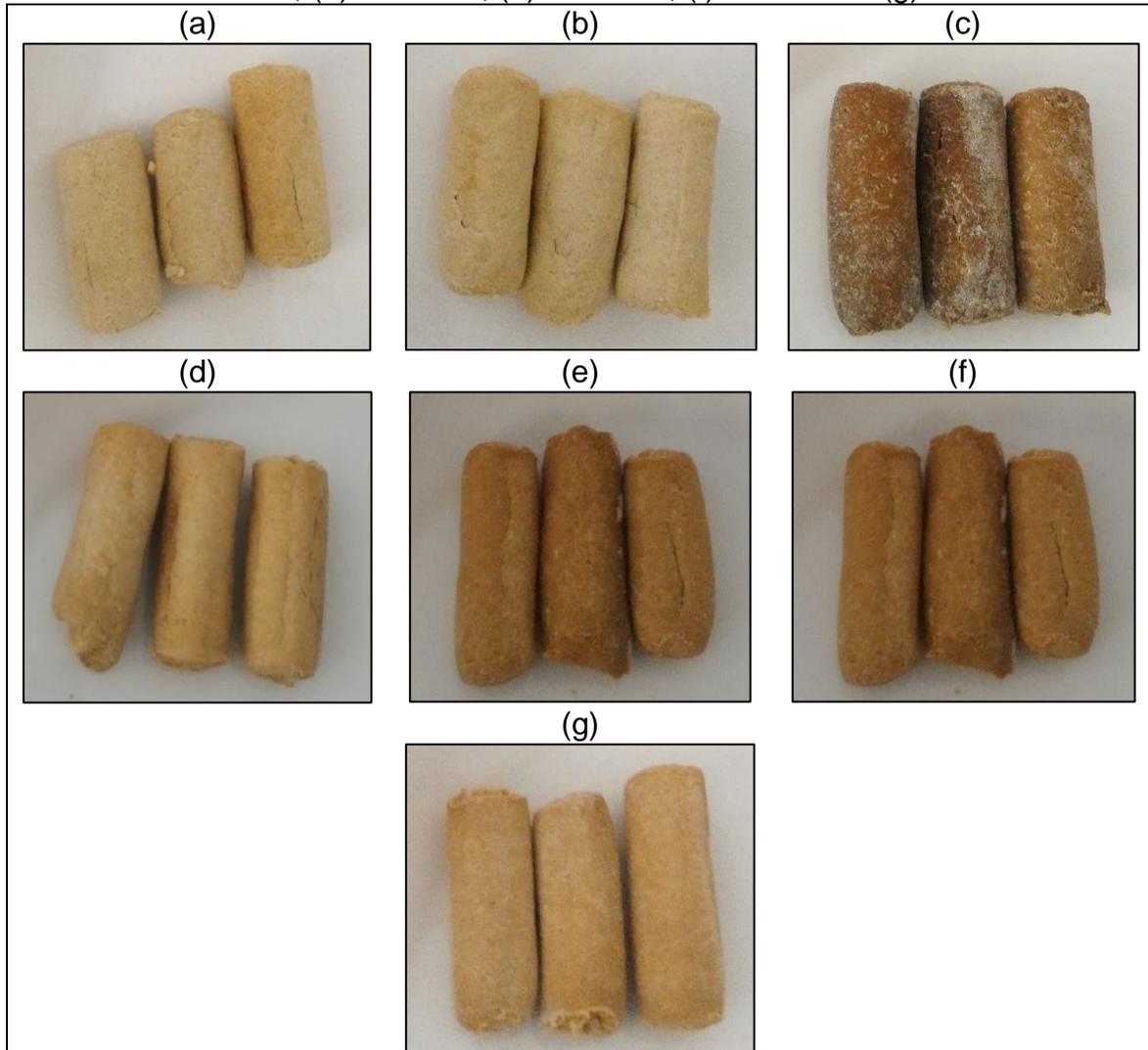


Fonte: Autora (2018)

Percebe-se que a amostra obtida a partir da formulação 1, que não possui açúcar, apresentou uma tonalidade mais desejável, mais clara, porém o açúcar é um agente melhorador da textura das migalhas da farinha a ser produzida, atuando como retentor de umidade da massa (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2009). Visto isso, a presença do açúcar é imprescindível e, avaliando as colorações das receitas que o continham, verificou-se um resultado muito próximo para ambas. Acredita-se que a utilização da água pode ter sido desproporcional e, portanto, a atividade de água potencializou a RM na formulação 2, que continha 2% de açúcar. A partir disso, definiu-se o teor de 2% de açúcar na receita, e, por consequência, 2% de sal. Fixado os valores, elaborou-se o delineamento experimental de misturas.

Após o delineamento estabelecido, foram realizados o preparo, a extrusão e a cocção das misturas propostas, com posterior avaliação da coloração obtida pela RM nas massas. A Figura 13 apresenta os resultados.

Figura 13 - Amostras do delineamento experimental. (a) Teste 1a, (b) Teste 2a, (c) Teste 3a, (d) Teste 4a, (e) Teste 5a, (f) Teste 6a e (g) Teste 7a.



Fonte: Autora (2018).

A partir dos 7 experimentos, as cores dos produtos obtidos foram analisadas por cinco avaliadores, escolhidos de forma aleatória e treinados para a análise, com os níveis de cores estabelecidos em: 1 é indesejado e 3 é desejado. Os resultados são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultado da avaliação de cor das misturas.

| Experimento | Avaliador 1 | Avaliador 2 | Avaliador 3 | Avaliador 4 | Avaliador 5 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1a | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 2a | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 3a | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4a | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| 5a | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6a | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 7a | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |

Fonte: Autora (2018).

O tratamento estatístico dos dados, análise de variância – ANOVA, mostrado na tabela 7, demonstrou que para verificar a influência das farinhas sobre a cor do produto final, os modelos linear e quadrático são estatisticamente significativos, com um Valor p abaixo do nível de significância adotado (0,05). Como o modelo linear, indicado na Equação 6, apresentou o menor Valor p, ele foi escolhido para definir a composição ideal do produto.

Tabela 7 – Resultados da análise estatística dos dados do planejamento experimental de misturas.

| Modelo | Valor p | R ² | R ² ajustado |
|-----------------|----------|----------------|-------------------------|
| Linear | 0,000019 | 0,492593 | 0,460880 |
| Quadrático | 0,016727 | 0,641344 | 0,579507 |
| Especial cúbico | 0,058243 | 0,685185 | 0,617725 |

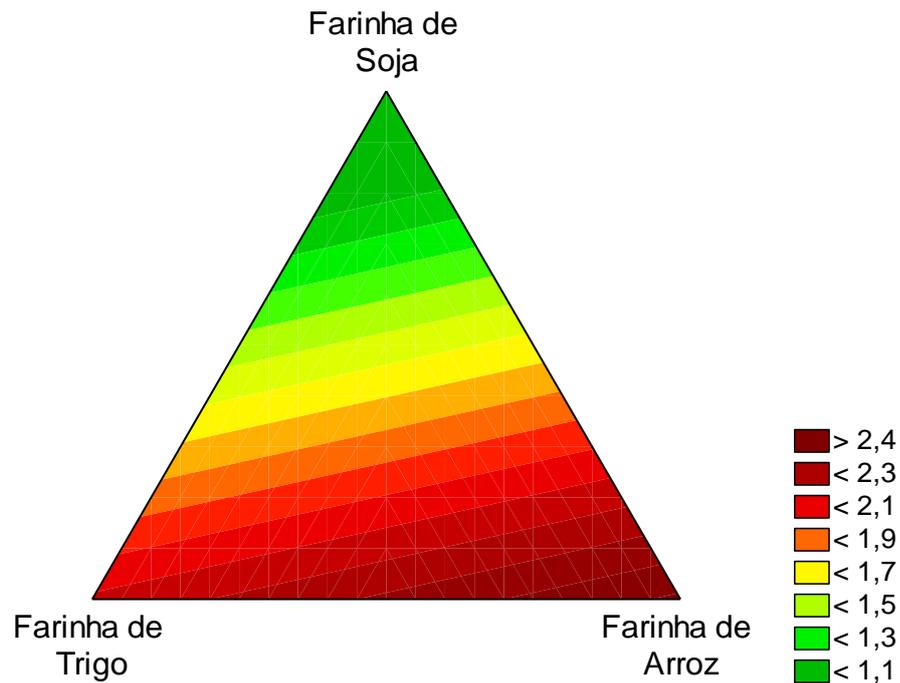
Fonte: Autora (2018).

$$\text{Cor} = 2,12 \times \text{FT} + 2,52 \times \text{FA} + 0,76\text{FS}$$

(6)

Onde FT, FA e FS são as frações de farinha de trigo, farinha de arroz e farinha de soja, respectivamente. Baseando-se nesse modelo, gerou-se a superfície de resposta apresentada na Figura 12.

Figura 14 - Superfície de resposta para a variável cor.



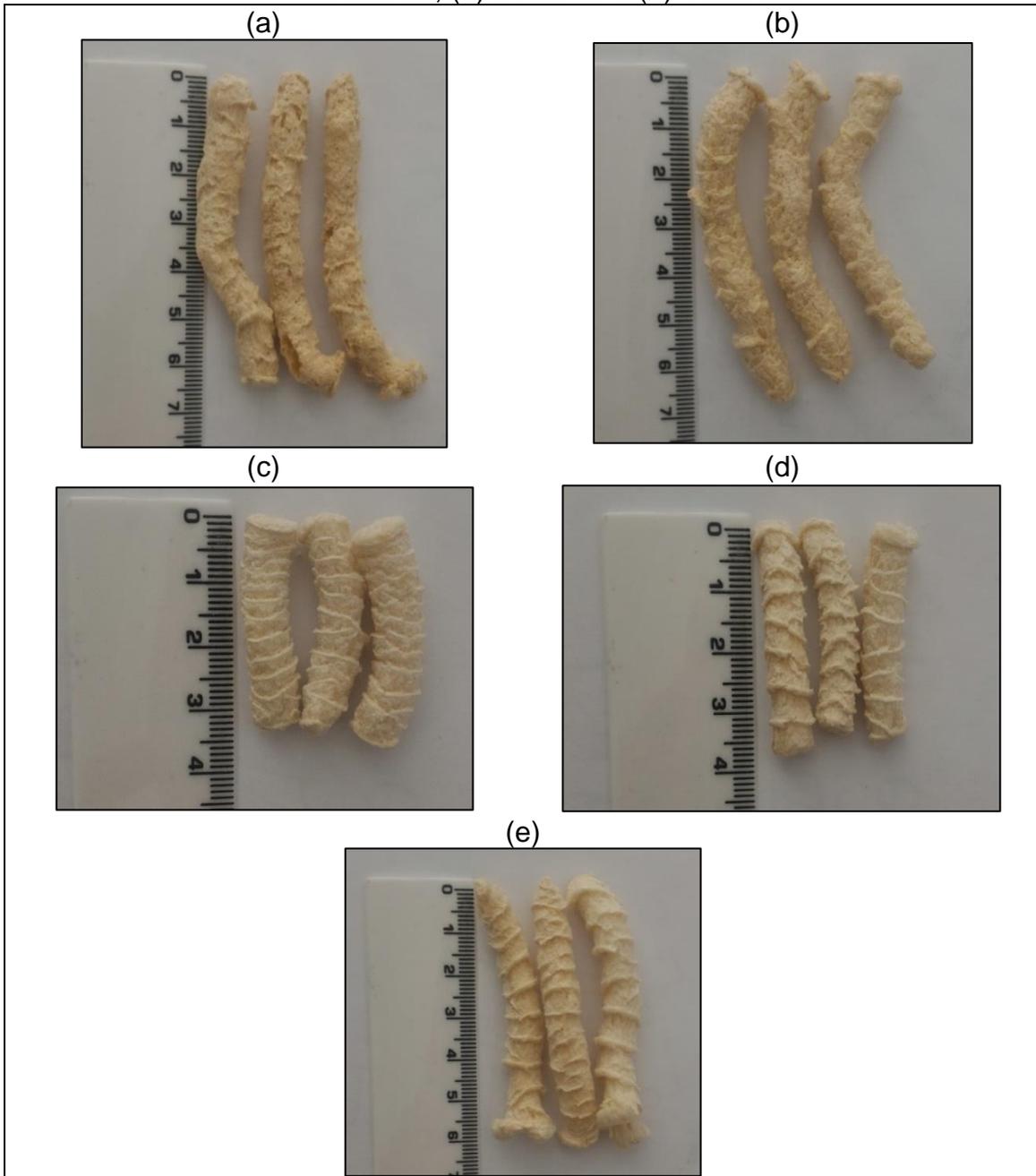
Fonte: Autora (2018).

Nota-se que a farinha de soja tem influência negativa sobre a cor do produto final, enquanto a farinha de arroz altera positivamente este parâmetro. Assim, elencou-se como a melhor composição o teste 2a descrito na Tabela 3, cujo teor de farinha de arroz é o máximo avaliado (46%) e o de soja é o mínimo (0%).

5.2 EXECUÇÃO DA FORMULAÇÃO EM ESCALA INDUSTRIAL

A composição avaliada na etapa anterior foi então processada em escala industrial seguindo os parâmetros do planejamento fatorial apresentado na Tabela 6 e em condições descritas na Tabela 7. Os resultados obtidos são demonstrados na Figura 15.

Figura 15 - Produtos obtidos em escala industrial. (a) Teste 1b, (b) Teste 2b, (c) Teste 3b, (d) Teste 4b e (e) Teste 5b.



Fonte: Autora (2018).

Observa-se que as massas que continham maiores teores de água não expandiram, tiveram formatos menores, já as massas que continham menores teores de água atribuíram um formato com maior expansão. De acordo com Moura (2000), a expansão do material extrusado está relacionada à evaporação da água na saída da matriz. Quando é instantânea, confere ao produto uma textura porosa e expandida e quando lenta, permite a solidificação da estrutura, antes da ocorrência

da expansão, resultando em uma estrutura compactada. Com essa afirmação, avaliou-se que os produtos com maiores teores de água apresentaram maior dificuldade de evaporação. Sendo assim, o produto teve um formato mais compactado.

Na saída da matriz do equipamento de extrusão, foram obtidos os produtos demonstrados na Figura 15. Além de avaliar a expansão, foram analisadas as temperaturas internas de cada produto, os resultados podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8 - Temperatura interna do produto extrusado.

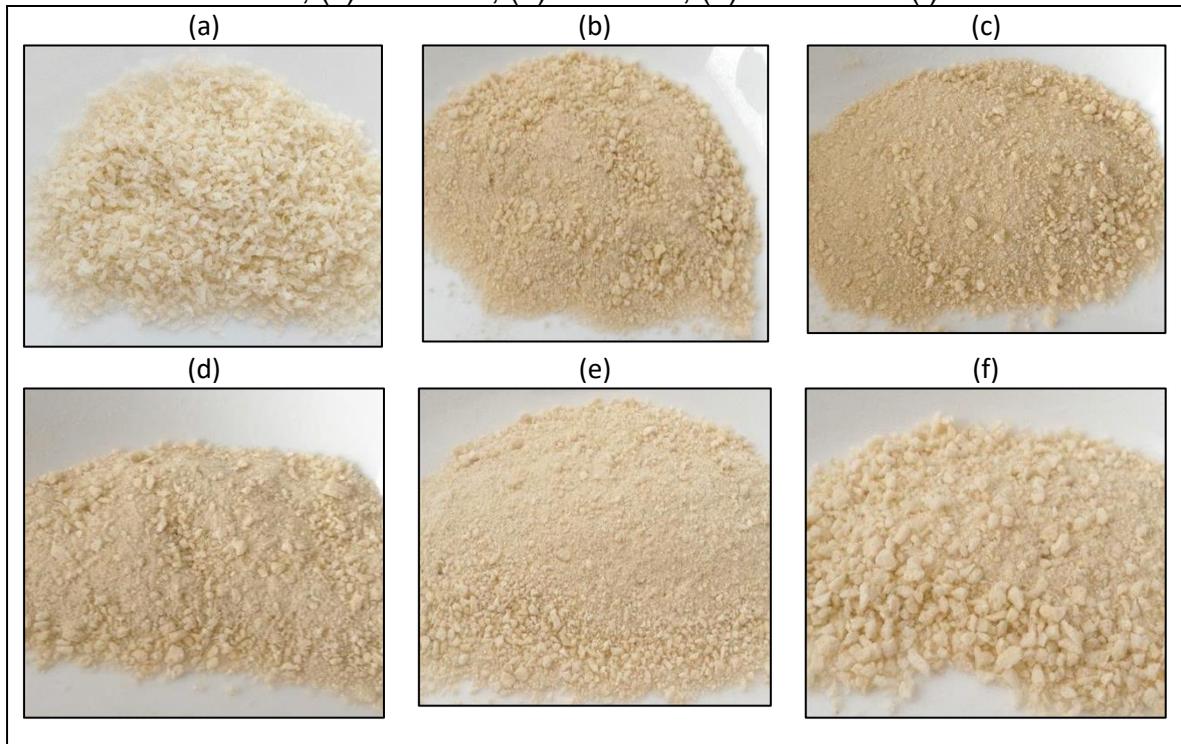
| | |
|-----------|------|
| 1b | 46°C |
| 2b | 44°C |
| 3b | 54°C |
| 4b | 57°C |
| 5b | 44°C |

Fonte: Autora (2018).

De acordo com Darley, Dyson e Grimshaw (1983), a temperatura da zona de mistura do extrusor deve ser suficiente para a obtenção de produtos com temperaturas internas na faixa de 30-50°C. Avaliando os resultados obtidos, percebe-se que as amostras que tiveram maior adição de água, resultaram em produtos com maiores temperaturas internas. Isso pode ser esclarecido por conta de o calor específico da água ser maior que o da mistura. Não se tem a informação do calor específico das misturas estudadas, porém, de acordo com Ribeiro (2007), o calor específico da farinha de trigo, que representa a maior porção da mistura, encontra-se na faixa de 1,52 a 2,60 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹, já o da água é tabelado no valor de 4,20 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹.

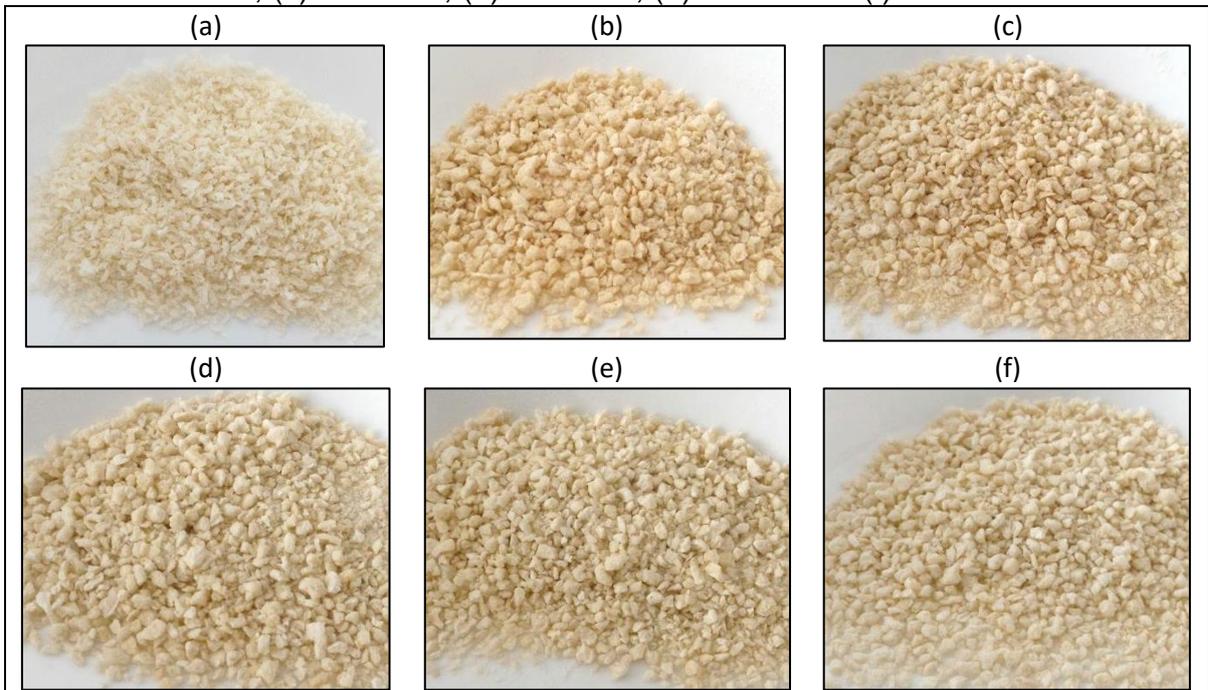
Os testes de moagem foram realizados para verificar qual tipo de equipamento seria o correto para o processo contínuo. Nas Figuras 16 e 17 são demonstrados os produtos obtidos após a moagem em moinho de martelo e moinho de facas, respectivamente. Nelas consta também o produto referência existente no mercado, para a comparação visual.

Figura 16 - (a) Produto referência e produtos obtidos em moinho de martelo. (b) Teste 1b, (c) Teste 2b, (d) Teste 3b, (e) Teste 4b e (f) Teste 5b.



Fonte: Autora (2018).

Figura 17 - (a) Produto referência e produtos obtidos em moinho de facas. (b) Teste 1b, (c) Teste 2b, (d) Teste 3b, (e) Teste 4b e (f) Teste 5b.



Fonte: Autora (2018).

Visualmente, as misturas que passaram pelo moinho de facas apresentaram melhores resultados de moagem, visto que os produtos não ficaram reduzidos a pó, como no moinho de martelo. Para confirmar a avaliação visual foram realizados testes de granulometria (Tabela 9).

Tabela 9 - Resultados de granulometria.

| Granulometria (20 Mesh - 0,841 mm) | | | |
|---|-----------------|------------------------|-----------------|
| Moinho de Martelo | | Moinho de Facas | |
| Teste | % Retido | Teste | % Retido |
| 1b | 14,2 ± 0,6 | 1b | 34,5 ± 1,1 |
| 2b | 8,3 ± 1,2 | 2b | 33,0 ± 1,5 |
| 3b | 21,1 ± 0,3 | 3b | 57,5 ± 1,8 |
| 4b | 19,2 ± 1,6 | 4b | 49,5 ± 1,6 |
| 5b | 14,2 ± 0,8 | 5b | 35,7 ± 0,4 |

Fonte: Autora (2018).

A partir dos resultados demonstrados na Tabela 9, confirma-se que o moinho de facas teve um rendimento maior de produto, após a moagem, com destaque para a formulação 3b. De acordo com Darley, Dilsyon e Grimshaw (1983), os rendimentos

de produção são de $(91,4 \pm 5,0)\%$, porém essa retenção do produto é determinada no produto final (Figura 10), enquanto que no produto proposto, o rendimento de produção foi realizado ao final do processo de moagem.

Segundo Darley, Dilsyon e Grimshaw (1983), as densidades para o produto estão na faixa de $(0,236 \pm 0,032)$ g/mL. Com isso, foram mensuradas as densidades das farinhas obtidas, em moinho de martelo e de facas, apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados de densidade.

| Moinho de Martelo | | Moinho de Facas | |
|--------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| Teste | g/mL | Teste | g/mL |
| 1b | $0,154 \pm 0,001$ | 1b | $0,146 \pm 0,001$ |
| 2b | $0,184 \pm 0,001$ | 2b | $0,146 \pm 0,001$ |
| 3b | $0,343 \pm 0,003$ | 3b | $0,250 \pm 0,006$ |
| 4b | $0,336 \pm 0,009$ | 4b | $0,260 \pm 0,006$ |
| 5b | $0,180 \pm 0,002$ | 5b | $0,123 \pm 0,003$ |

Fonte: Autora (2018).

Os resultados de densidades oscilaram entre as mesmas amostras nos diferentes moinhos. Isso pode ser explicado pelo fato de que na moagem por facas o produto obtido possuía maiores grãos, dificultando a acomodação da amostra durante a realização da análise, permitindo a presença de espaços vazios que podem ter interferido nos resultados. Avaliando os resultados da Tabela 10, pode-se perceber que as formulações 3b e 4b obtidas em moinho de facas, tiveram os melhores resultados.

Após os testes de moagem, as amostras passaram por uma nova avaliação de cor para verificar a interferência da umidade e da utilização do aditivo. A avaliação foi realizada de forma que o número 1 representa coloração mais escura, o 2 a coloração intermediária e o 3 a cor da farinha de referência. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 11.

Tabela 11 - Avaliação qualitativa da coloração das farinhas.

| Moinho de Martelo | | | Moinho de Facas | | | | |
|--------------------------|----------------|---|------------------------|----------------|---|---|---|
| Teste | Leitura | | Teste | Leitura | | | |
| 1b | 1 | 1 | 1 | 1b | 1 | 1 | 1 |
| 2b | 1 | 1 | 1 | 2b | 1 | 1 | 1 |
| 3b | 2 | 2 | 2 | 3b | 2 | 2 | 2 |
| 4b | 2 | 2 | 2 | 4b | 2 | 2 | 2 |
| 5b | 2 | 2 | 2 | 5b | 2 | 3 | 2 |

Fonte: Autora (2018).

Realizou-se também a avaliação da textura dos grãos após as moagens, onde o número 1 está para as amostras com textura compacta, 2 textura intermediária e 3 textura porosa (encontrada no produto de referência). Os resultados da avaliação de textura estão expostos na Tabela 12.

Tabela 12 - Avaliação qualitativa da textura dos grãos obtidos na moagem.

| Moinho de Martelo | | | Moinho de Facas | | | | |
|--------------------------|----------------|---|------------------------|----------------|---|---|---|
| Teste | Leitura | | Teste | Leitura | | | |
| 1b | 3 | 2 | 3 | 1b | 3 | 2 | 3 |
| 2b | 3 | 2 | 3 | 2b | 3 | 2 | 3 |
| 3b | 1 | 1 | 1 | 3b | 1 | 1 | 1 |
| 4b | 1 | 1 | 1 | 4b | 1 | 1 | 1 |
| 5b | 3 | 2 | 3 | 5b | 3 | 2 | 3 |

Fonte: Autora (2018).

Os resultados das Tabelas 11 a 14 foram tratados no *software Statistica 13.3 Trial Version*. A Tabela 13 traz a análise de variância – ANOVA para os resultados alcançados com o moinho de martelos.

Tabela 13 - Análise de variância (ANOVA) aplicada a todas as variáveis respostas para as amostras processadas em moinho de martelo.

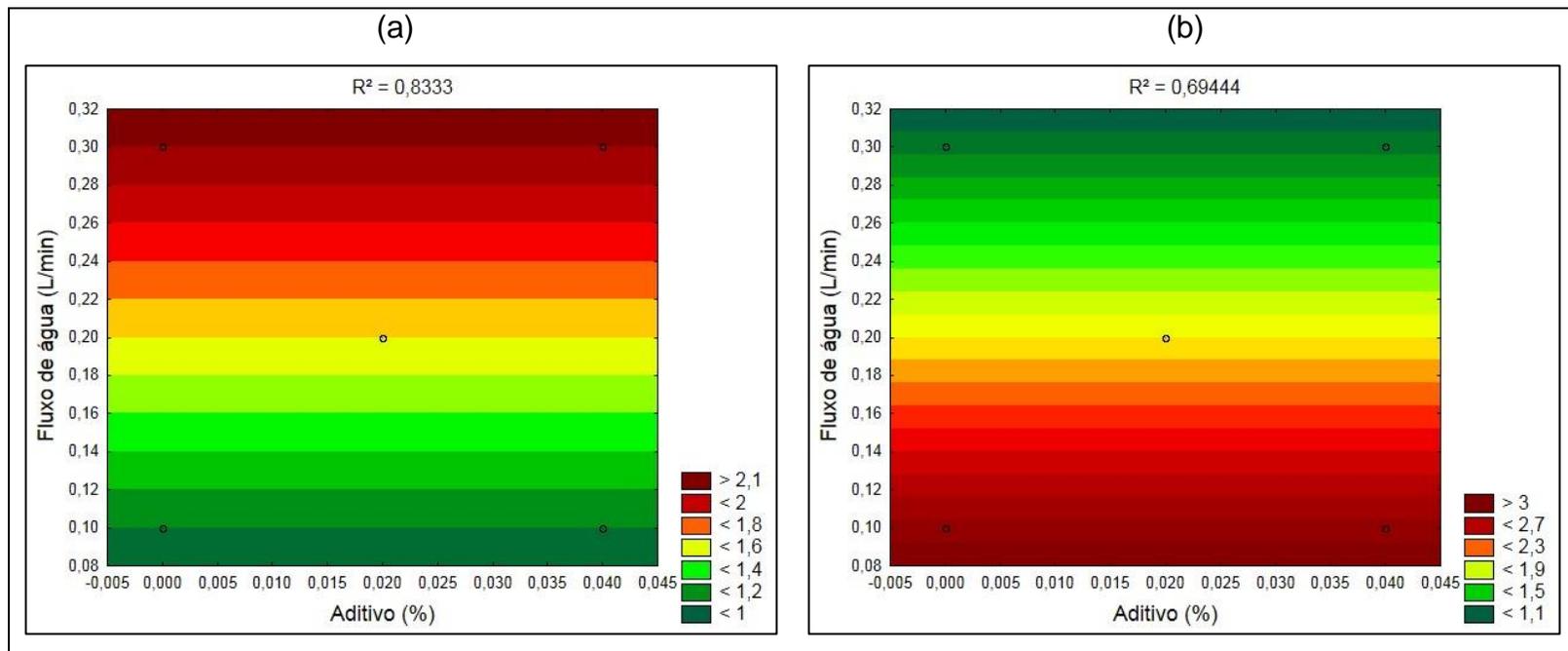
| Parâmetro | Fator | Soma dos quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Estatística F | Valor p |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|----------|
| Cor | Aditivo (%) | 0,000000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 3,000000 | 1 | 3,000000 | 55,00000 | 0,000013 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 0,000000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Erro | 0,600000 | 11 | 0,054545 | | |
| | Soma dos quadrados total | 3,600000 | 14 | | | |
| R² = 0,8333 | | | | | | |
| Textura | Aditivo (%) | 0,00000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 8,333333 | 1 | 8,333333 | 25,00000 | 0,000403 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 0,00000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Erro | 3,66667 | 11 | 0,333333 | | |
| | Soma dos quadrados total | 12,00000 | 14 | | | |
| R² = 0,69444 | | | | | | |
| Granulometria | Aditivo (%) | 45,7861 | 1 | 45,7861 | 32,4083 | 0,000140 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 235,8533 | 1 | 235,8533 | 166,9414 | 0,000000 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 11,9600 | 1 | 11,9600 | 8,4655 | 0,014200 |
| | Erro | 15,5407 | 11 | 1,4128 | | |
| | Soma dos quadrados total | 309,1402 | 14 | | | |
| R² = 0,94973 | | | | | | |
| Densidade | Aditivo (%) | 0,000547 | 1 | 0,000547 | 0,43866 | 0,521403 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 0,089614 | 1 | 0,089614 | 71,89825 | 0,000004 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 0,000884 | 1 | 0,000884 | 0,70931 | 0,417609 |
| | Erro | 0,013710 | 11 | 0,001246 | | |
| | Soma dos quadrados total | 0,104755 | 14 | | | |
| R² = 0,86912 | | | | | | |

Fonte: Autora (2018).

O tratamento estatístico dos dados (Tabela 13) mostrou que, com 95% de confiança e para o intervalo testado, o fluxo de água foi significativo para todas as variáveis respostas (cor, textura, granulometria e densidade), enquanto o teor de aditivo e a interação entre os fatores foram significativos somente para a granulometria (valor $p < 0,05$). Exceto para a textura, cujo R^2 foi de 0,69444, para as outras variáveis, os coeficientes de determinação foram superiores a 0,8333, indicando que o modelo estatístico adotado é adequado para avaliar a influência dos parâmetros de processamento sobre as propriedades do produto final.

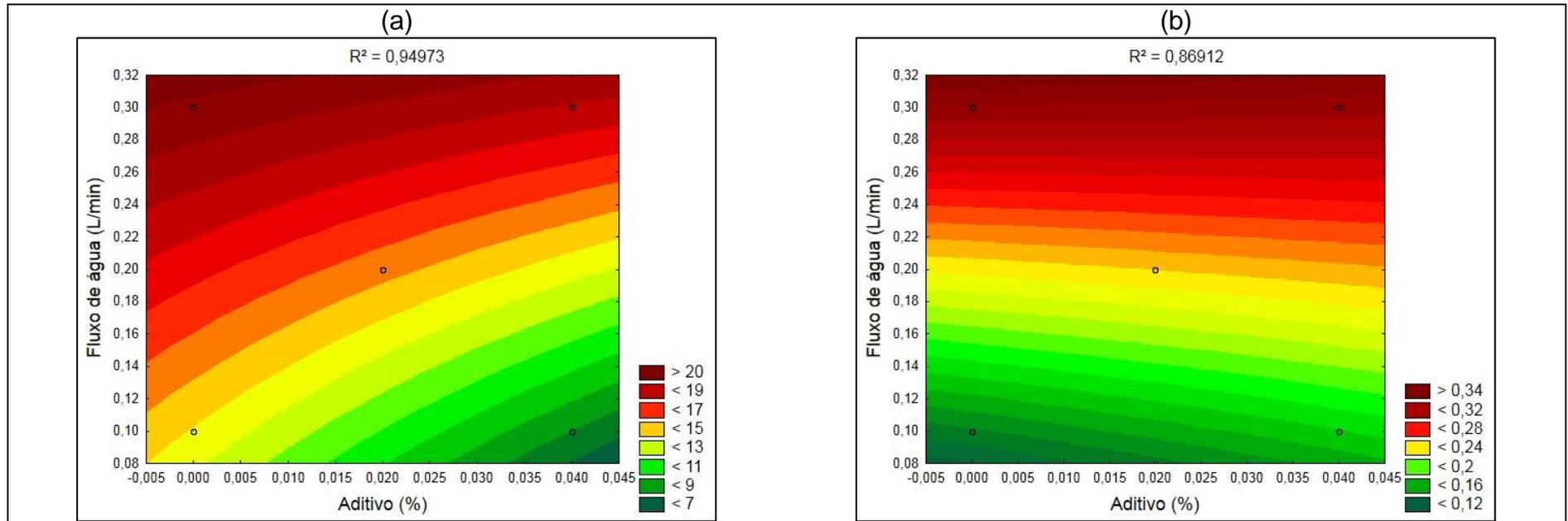
As superfícies de resposta demonstradas nas figuras em seguida (Figura 18 e Figura 19) mostram que o fluxo de água tem efeito positivo sobre a cor, granulometria e densidade. Enquanto que para a textura, o efeito é contrário. Assim, sabendo que a cor e a textura são as variáveis mais importantes, torna-se conveniente trabalhar com o ponto central do planejamento experimental, objetivando ainda obter uma densidade próxima a do produto de referência.

Figura 18 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de martelo. Variáveis (a) Cor e (b) Textura.



Fonte: Autora (2018).

Figura 19 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de martelo. Variáveis (a) Granulometria e (b) Densidade.



Fonte: Autora (2018).

A Tabela 14 traz a análise de variância – ANOVA para os resultados obtidos com o moinho de facas.

Tabela 14 - Análise de variância (ANOVA) aplicada a todas as variáveis respostas para as amostras processadas em moinho de facas.

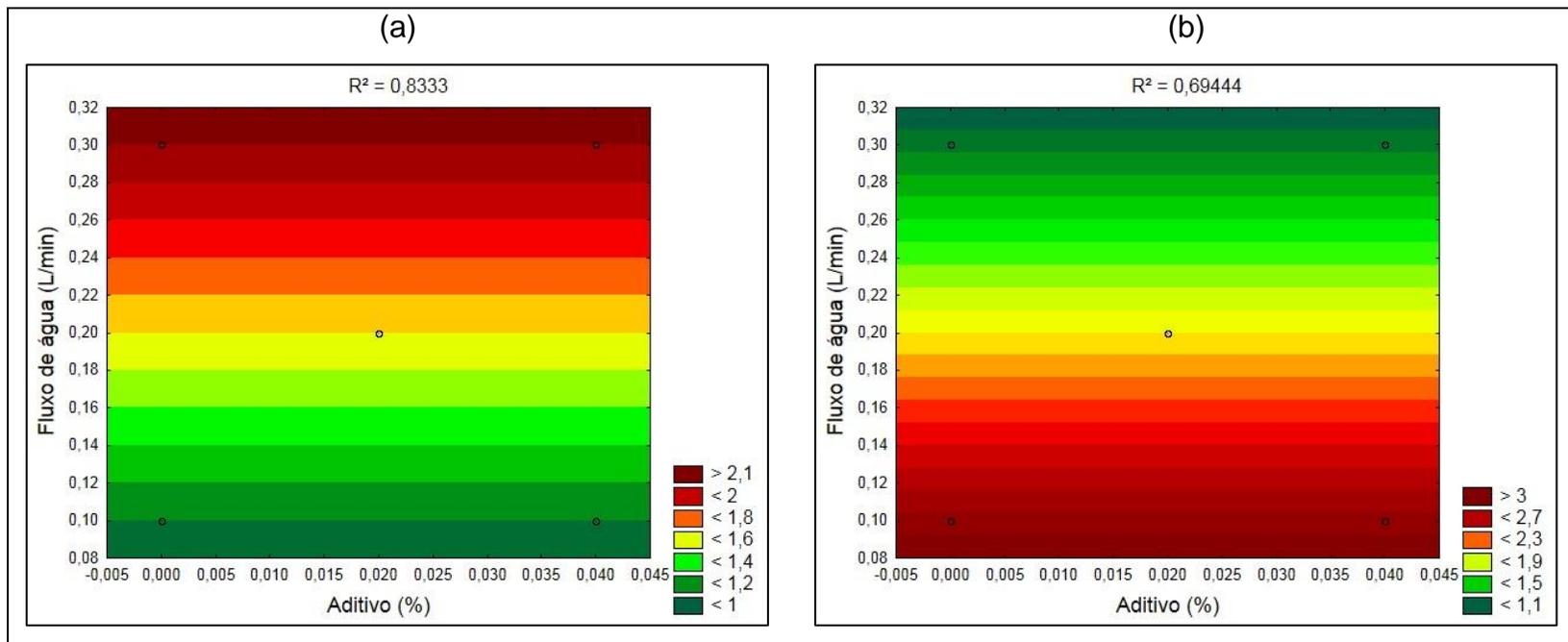
| Parâmetro | Fator | Soma dos quadrados | Graus de Liberdade | Quadrado Médio | Estatística F | Valor p |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|----------|
| Cor | Aditivo (%) | 0,000000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 3,000000 | 1 | 3,000000 | 55,00000 | 0,000013 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 0,000000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Erro | 0,600000 | 11 | 0,054545 | | |
| | Soma dos quadrados total | 3,600000 | 14 | | | |
| R² = 0,8333 | | | | | | |
| Textura | Aditivo (%) | 0,00000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 8,333333 | 1 | 8,333333 | 25,00000 | 0,000403 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 0,00000 | 1 | 0,000000 | 0,00000 | 1,000000 |
| | Erro | 3,66667 | 11 | 0,333333 | | |
| | Soma dos quadrados total | 12,00000 | 14 | | | |
| R² = 0,69444 | | | | | | |
| Granulometria | Aditivo (%) | 68,497 | 1 | 68,497 | 4,49881 | 0,057466 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 1168,805 | 1 | 1168,805 | 76,76550 | 0,000003 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 30,944 | 1 | 30,944 | 2,03239 | 0,181733 |
| | Erro | 167,482 | 11 | 15,226 | | |
| | Soma dos quadrados total | 1435,729 | 14 | | | |
| R² = 0,88335 | | | | | | |
| Densidade | Aditivo (%) | 0,000033 | 1 | 0,000033 | 0,02624 | 0,874247 |
| | Fluxo de água - FA (L/min) | 0,036963 | 1 | 0,036963 | 29,09986 | 0,000219 |
| | Aditivo (%) x FA (L/min) | 0,000133 | 1 | 0,000133 | 0,10497 | 0,752023 |
| | Erro | 0,013972 | 11 | 0,001270 | | |
| | Soma dos quadrados total | 0,051102 | 14 | | | |
| R² = 0,72658 | | | | | | |

Fonte: Autora (2018).

O tratamento estatístico dos dados (Tabela 14) mostrou que, com 95% de confiança e para o intervalo testado, o fluxo de água foi significativo para todas as variáveis respostas (cor, textura, granulometria e densidade), enquanto o teor de aditivo e a interação entre os fatores não foram significativos (Valor $p > 0,05$). Exceto para a textura e densidade, cujo R^2 foram de 0,69444 e 0,72658 respectivamente, para as outras variáveis, os coeficientes de determinação foram superiores a 0,8333, indicando que o modelo estatístico adotado é adequado para avaliar a influência dos parâmetros de processamento sobre as propriedades do produto final.

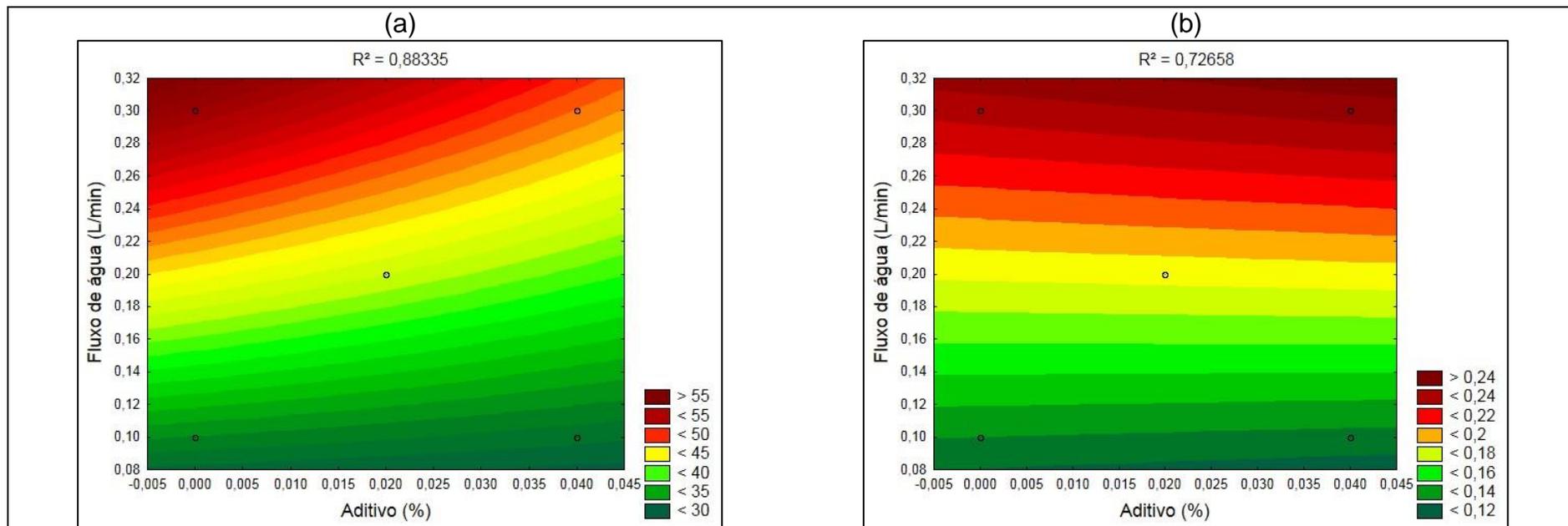
As superfícies de resposta demonstradas nas figuras seguintes (Figura 20 e Figura 21) mostram novamente que sobre a cor, granulometria e densidade, o fluxo de água tem efeito positivo, enquanto para a textura, o efeito é contrário. Pode-se perceber que a presença do aditivo interfere de uma forma negativa na granulometria, essa leve interferência pode ser explicada pelo Valor p obtido na análise de variância (ANOVA) ser próximo do nível de significância adotado (0,05).

Figura 20 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de facas. Variáveis (a) Cor e (b) Textura.



Fonte: Autora (2018).

Figura 21 - Superfícies de respostas obtidas para o moinho de facas. Variáveis (a) Granulometria, e (b) Densidade.



Fonte: Autora (2018).

Embora a densidade do produto, de acordo com Darley, Dyson e Grimshaw (1983), deva ser $(0,236 \pm 0,032)$ g/mL o valor de R^2 obtido nesta análise não foi aceitável. Assim, sabendo que a cor e a textura são as variáveis mais importantes, torna-se conveniente trabalhar com o ponto central do planejamento experimental, mesmo com o desvio no parâmetro densidade.

Avaliando os resultados obtidos pelas superfícies de resposta nos dois processos de moagem, o ponto central foi quem demonstrou melhores resultados e, entre os dois processos, a cor e a textura tiveram o mesmo comportamento, mas entre a granulometria e a densidade, os resultados obtidos foram diferentes. A densidade do produto do ponto central no moinho de martelo teve um melhor comportamento em relação ao moinho de facas, porém a granulometria do produto obtido no moinho de martelo teve um comportamento negativo se comparada ao produto do moinho de facas. Como neste caso a granulometria está ligada ao rendimento da produção, o moinho de facas apresentou um maior rendimento e isso interfere positivamente na questão financeira do processo. Sendo assim, nessa comparação, o produto do moinho de facas foi adotado como a melhor resposta ao processo.

5.3 ANÁLISES DE CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

A formulação 5b processada em moinhos de facas, escolhida na etapa anterior, foi então comparada com o produto de referência existente no mercado, avaliando parâmetros tecnológicos com o intuito de afirmar sua qualidade.

5.3.1 Determinação do *pick-up*

De acordo com Moura (2000), a determinação do *pick-up* é importante para avaliar a quantidade de *breeding* que se adere ao substrato durante o empanamento. Os resultados obtidos podem ser vistos na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados da determinação de *pick-up*.

| Panko | 5b (moinho de facas) |
|---------------|-----------------------------|
| (22,3 ± 0,6)% | (16,9 ± 0,5)% |

Fonte: Autora (2018).

Percebe-se que a farinha produzida teve uma menor aderência ao substrato em relação à farinha Panko já comercializada. Moura (2000) indica que a temperatura de extrusão afeta os valores de *pick-up*. Sendo assim, a redução da mesma no processo pode vir a permitir uma aderência melhor da farinha processada.

5.3.2 Absorção de óleo

A quantificação da absorção de óleo nos sistemas de coberturas durante a fritura classifica um *breeding* de diferentes processamentos, observando que os outros sistemas de cobertura (*predust* e *batter*) são os mesmos nos dois casos.

Tabela 16 - Resultados da determinação de absorção de óleo.

| Panko | 5b (moinho de facas) |
|---------------|-----------------------------|
| (29,2 ± 1,2)% | (33,0 ± 1,2)% |

Fonte: Autora (2018).

A partir da Tabela 16, observou-se que a farinha produzida resultou em uma maior absorção de óleo em relação ao produto de referência. De acordo com Moura (2000), as variáveis como temperatura de extrusão, umidade da farinha e os teores de glúten podem interferir nessa característica. A farinha comercializada indica somente o uso de farinha de trigo, onde os teores de glúten são maiores se comparada à farinha testada, que continha arroz em sua composição, explicando o fato da variação de absorção de óleo.

6 CONCLUSÃO

Avaliou-se que as alterações de matérias-primas, de equipamento de processamento e variáveis de processo possibilitaram um resultado mais próximo do ideal, um produto mais claro possível, em formato de lascas e textura porosa.

Os resultados obtidos na etapa de formulação do produto indicaram a presença de açúcar em torno de 2% como teor adequado. Com esse resultado, foi possível estudar as matérias-primas que interferiam diretamente na coloração da farinha, sendo que a formulação com melhores resultados continha 50% de farinha de trigo e 46% de farinha de arroz.

Na produção em escala industrial com variações no processo, os resultados encontrados deram destaque a produção com fluxo de água de 0,2 L/min na extrusão. Além disso, a moagem em moinho de facas teve um maior rendimento, em torno de 35,7%.

Os resultados das análises tecnológicas da farinha desenvolvida se mostraram promissores. Foram quantificados os valores de aderência da farinha e a absorção de óleo no processo de fritura. A aderência da farinha produzida foi quantificada em torno de 16,9%, enquanto da farinha já comercializada em torno de 22,3%. Os resultados de absorção de óleo foram de 33% para a farinha produzida e 29,2% para o produto referência.

A partir dos resultados alcançados, foi possível conhecer os efeitos das variáveis de extrusão no desenvolvimento do *breeding* estilo *japanese*. Eles mostraram diferenças sensoriais e tecnológicas entre o produto proposto e o produto de referência, portanto maiores investigações são necessárias. Sugere-se, para trabalhos futuros, utilizar matérias-primas mais adequadas ao processo, avaliar a interferência da temperatura na extrusão, realizar análise sensorial e determinar a umidade em diferentes pontos de processamento, objetivando alcançar as características do produto comercial tomado como referência.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. S. **Restaurante "por quilo":** Vale quanto pesa? Uma avaliação do padrão alimentar em restaurantes de Cerqueira César, São Paulo, SP. 2000. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n. 8**, de 02 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário Oficial da União, Brasília, 03 de junho de 2005. Seção 1, pág. 91.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - CNNPA nº 12**, de 1978. Aprova a normas técnicas especiais, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro e fixa os padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas) constantes na Resolução. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de julho de 1978. Seção 1, pág. 45.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 90**, de 18 de outubro de 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. Diário Oficial da União, Brasília, outubro de 2000.
- CAUVIN, Stanley P.; YOUNG, Linda S. **Tecnologia da Panificação**. 2ed. Barueri: Americana, 2009.
- CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas : UNICAMP, 2003.
- CORREIA, S. L.; GRUN, E.; DENARDI, C. D.; HOTZA, D.; FOLGUERAS, M. V. **Aplicação de delineamento experimental e otimização para avaliar o efeito de argilas na microestrutura e propriedades tecnológicas de composições cerâmicas**. 2005. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2005/artigos/49cbc-5-22.pdf>>. Acesso em: 30 maio de 2018.
- COSTA, Igor Henrique de Lima; BARBOSA, Calionara Waleska de Melo. Reação de Maillard em Alimentos: um estudo de revisão. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2., 2017, João Pessoa. **Anais**. Campina Grande: Realize Eventos & Editora, 2017.
- DARLEY, Kenneth S., DYSON, David V. e GRIMSHAW, David J. 1983. **PRODUCTION OF ORIENTAL-STYLE BREADING CRUMBS**. US Pat. 4.423.078 Estados Unidos, 27 de December. 1983. 10p.
- DEBONA, Denise. Faturamento da indústria de alimentos em SC é maior que a média nacional. **Jornal Diário Catarinense**, 2015. Disponível em: <<http://anoticia.clicrbs.com.br/sc/noticia/2015/03/faturamento-da-industria-de->

alimentos-em-sc-e-maior-do-que-a-media-nacional-4726576.html>. Acesso em: 13 março de 2018.

DILL, Daniele D.; DA SILVA, Andréia P.; LUVIELMO, Márcia M. Processamento de Empanados: sistemas de cobertura. **ETEC**, v. 5, n. 1, p. 33-49, 2009.

DOS SANTOS, Camilia Aoyagui; MING, Chiu Chih; GONÇALVES, Lireny Aparecida Guaraldo. Emulsificantes: atuação como modificadores do processo de cristalização de gorduras. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 567-574, 2014.

EVANGELISTA, José. **Alimentos: um estudo abrangente**. São Paulo : Atheneu, 2005.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FIESC. **Análise do comércio 2016 internacional catarinense**. Disponível em <<http://www2.fiescnet.com.br/web/uploads/recursos/c9340582d4d0082c4df817dc1cc98fb0.pdf>>. Acesso em: 03 abr. de 2018.

FIESC. **Panorama e perspectivas dos investimentos da indústria catarinense de 2015 a 2018**. Disponível em <https://fiesc.com.br/sites/default/files/inline-files/panorama_e_perspectivas_da_industria_catarinense_2015_a_2018.pdf>. Acesso em: 03 abr. de 2018.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. Panificação - Os ingredientes enriquecedores. **Revista Food Ingredients Brasil**, n. 10, 2009. Disponível em <<http://www.revista-fi.com/materias/114.pdf>>. Acesso em: 04 maio de 2018.

FOOD SERVICE NEWS. **O Valor do Engenheiro químico – Revista Food Service News**. 2015. Disponível em: <<http://www.foodservicenews.com.br/o-valor-do-engenheiro-quimico/>>. Acesso em: 27 abr. de 2018.

FRANCISQUINI, Júlia d'Almeida; MARTINS, Evandro; SILVA, Paulo Henrique Fonseca; SCHUCK, Pierre; PERRONE, Ítalo Tuler; CARVALHO, Antônio Fernandes. Reação de Maillard: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 1, 2017.

GAVA, Altanir Jaime; SILVA, C. A. B.; FRIAS, Jenifer Ribeiro Gava. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009.

GUERREIRO, Lílian. **Produtos Extrusados para Consumo Humano, Animal e Industrial**. 2007. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTcy>>. Acesso em: 03 abr. de 2018.

GUTKOSKI, Luiz C., ANTUNES, Ederson e ROMAN, Iorton T. Avaliação do Grau de Extração de Farinhas de Trigo e de Milho em Moinho Tipo Colonial. **B.CEPPA**, v. 17, n. 2, p. 153-166, 1999.

INMAP (Pará). **Linha Humana - Snacks Espandidos**: INMAP RX 200. 2017. Disponível em: <<http://inmapequipamentos.com.br/?pg=produto&id=16>>. Acesso em: 29 mar.de 2018.

MENEGUSSO, F.J.; MIRANDA, J.; FICAGNA, T.; ZANETTI, F.; LOPES, P.M.; FERREIRA, D.T.L.. Qualidade Reológica da Farinha de Trigo com Adição de Ácido Ascórbico. In: Simpósio de Segurança Alimentar, 4., 2012, Gramado. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <http://www.projetotrigofag.edu.br/brasil/artigos/artigos_2012/009.pdf>. Acesso em 01 maio de 2018.

MOURA, Ricardo A. **Efeito das variáveis de extrusão e da incorporação de glúten, amilose e farinha de milho na qualidade tecnológica da farinha de rosca extrusada em base de trigo**. Campinas, 2000. 77p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2007.

PONTES, F. M. de C. **Influência de diferentes tipos de farinha na absorção de óleo em bife empanado**. Natal , 2017. 29p. Dissertação (Especialização em Nutrição) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

RIBEIRO, Deise Menezes; CORREA, Paulo Cesar; RESENDE, Osvaldo; BOTELHO, Fernando Mendes. Propriedades térmicas de grãos de trigo: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 31, n. 2, p. 462-467, 2007.

SCHWARTZ, Nilson da Silva; CISLAGUI, Henrique da Silva. **MODELAGEM EXPERIMENTAL POR DELINEAMENTO DE MISTURAS: APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DE MASSA DE PORCELANATO ESMALTADO**. 2009. Disponível em: <<http://www.t-cota.com.br/admin/arquivos/artigos/76.pdf>>. Acesso em: 20 maio de 2017.

SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 6, p. 895-904, 2011.

UPPER CRUST ENTERPRISES, INC. **Our Process, Using Traditional Japanese Methods**. 2010. Disponível em: <<http://uppercrustent.com/products/authentic-japanese-panko/>>. Acesso em: 28 mar. de 2018.

VIANA, Josiane Dantas; AZEVEDO, Joyce Batista; PESSOA, Allan M. C. C. **APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL NO ESTUDO DE BLENDAS SBR/BR**. 2007. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/691.pdf>>. Acesso em: 02 jun. de 2018.