



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

TESE

**UNIDADE PRODUTORA DE LEITE DE CABRA IN NATURA E DE LEITE EM PÓ:
DESIGN, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO**

VIVIANE BRASILEIRO DE HOLANDA

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
Fevereiro, 2022

VIVIANE BRASILEIRO DE HOLANDA

**UNIDADE PRODUTORA DE LEITE DE CABRA *IN NATURA* E DE LEITE EM PÓ:
DESIGN, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

ORIENTADORES

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Profª Dra. Maria Elita Martins Duarte

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

Fevereiro, 2022

H722u

Holanda, Viviane Brasileiro de.

Unidade produtora de leite de cabra in natura e de leite em pó: design, simulação e otimização do processo / Viviane Brasileiro de Holanda. – Campina Grande, 2022.

238 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte".

Referências.

1. Secagem. 2. Leite Caprino. 3. Layout Industrial. 4. APPCC. I. Mata, Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti. II. Duarte, Maria Elita Martins. III. Título.

CDU 66.047:637.13:636.39(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

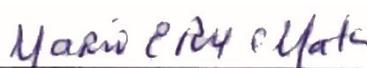
Tese

VIVIANE BRASILEIRO DE HOLANDA

**UNIDADE PRODUTORA DE LEITE DE CABRA *in natura* E DE LEITE EM PÓ:
DESIGN, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO**

Tese apresentada e aprovada no dia 16 de fevereiro de 2022

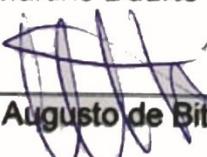
BANCA EXAMINADORA:



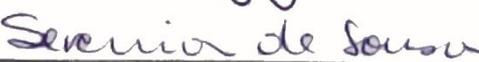
Dr. Mário Eduardo Rangel M. Cavalcanti Mata - Orientador



Dr.ª Maria Elita Martins Duarte – Orientadora



Dr. Matheus Augusto de Bittencourt Pasquali



Dr.ª Severina de Sousa



Dr. Manoel Tolentino Leite Filho



Dr.ª Renata Duarte Almeida

FEVEREIRO, 2022

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

(Cora Coralina)

A Deus, por sempre me abençoar.

*A meus pais, pelo o carinho e apoio
incondicional de toda uma vida.*

*A meu esposo, por me apoiar e
caminhar ao meu lado.*

Agradecimentos

A Deus, por sempre me conduzir pelo melhor caminho e me proteger sucessivamente. Sem Ele, nada seria possível.

A toda minha família, em especial aos meus pais Pedro Ronaldo e Maria Cléa e ao meu esposo, Wanilson, por todo carinho, compreensão e apoio incondicional ofertados a mim. As minhas queridas irmãs, Luciana, Erika e Fernanda, e ao meu amado irmão Fabiano, que mesmo não estando mais nesse plano, sei que sempre estará perto de mim, e aos meus queridos sobrinhos.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Mário Eduardo e Prof^a Dra. Maria Elita, por me guiar nessa caminhada e pela disponibilidade e paciência em me ajudar.

A Universidade Federal de Campina Grande e a todos os professores e funcionários que de alguma forma cruzaram meu caminho e me ajudaram a concluir esta etapa da minha vida, em especial aos professores Dr. Hugo e Dr. Matheus, que muito me auxiliaram nessa caminhada.

Aos anjos e amigos que apareceram durante essa trajetória pra me ajudar, Adriana, Juanne e Manoel e em especial a minha grande amiga Regilane, que mesmo distante sempre estava disponível.

À banca examinadora por todas as contribuições.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XV
LISTA DE QUADROS.....	XVI
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUÇÃO GERAL	19
CAPÍTULO 01	
O LEITE DE CABRA E SUAS CARACTERÍSTICAS, O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO LEITE EM PÓ E A FAZENDA SÃO PAULO	20
1.1 INTRODUÇÃO	21
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
1.2.1 O leite de cabra.....	23
1.2.2 Produtos em pó	27
1.2.3 Leite em pó	28
1.2.4 Processo de produção do leite em pó.....	30
1.2.5 Descrição do processo	32
1.2.6 A fazenda São Paulo.....	43
1.2.7 Reologia do leite	45
1.2.7.1 Classificação reológica dos fluidos	46
1.2.7.1.1 Newtonianos	47
1.2.7.1.2 Não newtonianos.....	48
1.2.7.2 Modelos reológicos.....	50
1.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
1.3.1 Matéria prima e o preparo das amostras	53
1.3.2 Ensaio reológicos	53
1.3.3 Análises dos dados	54
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
1.5 CONCLUSÕES.....	61
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

CAPÍTULO 02

PROCESSO DE SECAGEM DO LEITE DE CABRA	69
2.1 INTRODUÇÃO	70
2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	71
2.2.1 Secagem	71
2.2.2 Secagem por atomização (spray dryer)	72
2.2.3 O secador	75
2.2.4 Condições de operação	78
2.2.5 Transição vítrea (Tg)	81
2.2.6 Eficiência energética	82
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	84
2.3.1 Matéria prima	84
2.3.2 Reconstituição do leite	84
2.3.3 Planejamento experimental da secagem do leite de cabra por atomização....	84
2.3.3.1 Parâmetros de secagem	85
2.3.3.2 Rendimento do processo de secagem	86
2.3.4 Caracterização físico-química do leite de cabra em pó	87
2.3.4.1 Teor de água	87
2.3.4.2 Sólidos totais	87
2.3.4.3 pH.....	87
2.3.4.4 Teor de cinzas	87
2.3.4.5 Acidez em ácido láctico	88
2.3.4.6 Teor de gordura, extrato seco desengordurado, densidade, proteínas, lactose, índice crioscópico e sais	88
2.3.5 Caracterização física do leite de cabra em pó	88
2.3.5.1 Ângulo de repouso	88
2.3.5.2 Solubilidade	89
2.3.5.3 Molhabilidade	89
2.3.5.4 Densidade aparente	89
2.3.5.5 Densidade compactada	90
2.3.5.6 Porosidade	90
2.3.5.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	91
2.3.5.8 Cor	91
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	92

2.4.1 Planejamento experimental e rendimento (Rd)	92
2.4.1.1 Diagrama de Pareto	93
2.4.1.2 Análise de Variância (ANOVA)	93
2.4.1.3 Modelo Proposto	94
2.4.1.4 Análise de resíduos	94
2.4.2 Análises físico-químicas do leite em pó	95
2.4.2.1 Diagrama de Pareto	97
2.4.2.2 Análise de Variância (ANOVA)	100
2.4.2.3 Modelo Proposto	100
2.4.2.4 Análise de resíduos	101
2.4.3 Análises físico-químicas do leite reconstituído	103
2.4.3.1 Diagrama de Pareto	107
2.4.3.2 Análise de Variância (ANOVA)	112
2.4.3.3 Modelo Proposto	112
2.4.3.4 Análise de resíduos	113
2.4.4 Análises físicas do leite em pó	117
2.4.4.1 Diagrama de Pareto	122
2.4.4.2 Análise de Variância (ANOVA)	127
2.4.4.3 Modelo Proposto	127
2.4.4.4 Análise de resíduos	128
1.5 CONCLUSÕES	132
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
CAPÍTULO 03	
PROJETO DE LAYOUT DA FÁBRICA LEITE EM PÓ	142
3.1 INTRODUÇÃO	143
3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	145
3.2.1 Layout ou Arranjo físico	145
3.2.2 Método de layout – Modelo SLP	156
3.2.3 Estruturação do ambiente da fábrica	165
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	168
3.3.1 A empresa	168
3.3.2 Métodos	168
3.3.2.1 Método para desenvolvimento do layout	168

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	170
3.4.1 Planejamento do layout – Aplicação método SLP	170
3.5 CONCLUSÕES	192
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	193
CAPÍTULO 04	
PLANO APPCC E ESTUDO DOS PONTOS CRÍTICOS DA PRODUÇÃO DO LEITE EM PÓ	196
4.1 INTRODUÇÃO	197
4.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	199
4.2.1 Segurança alimentar e controle de qualidade do leite	199
4.2.2 Boas práticas de fabricação (BPF)	200
4.2.3 Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO)	201
4.2.4 Análises dos pontos críticos da produção.....	203
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	208
4.3.1 Material	208
4.3.2 Métodos	208
4.3.2.1 Elaboração do plano APPCC	208
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	210
4.5 CONCLUSÕES	228
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	229
ANEXOS	233

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Fluxograma do processo de produção do leite em pó	31
Figura 1.2 - Tanque Inox para transporte de leite com capacidade variada.....	32
Figura 1.3 Laboratório de empresa beneficiadora do leite Longá	33
Figura 1.4 - Recebimento do leite na indústria.....	34
Figura 1.5 - Tubo inox (a) e exemplo de organização e formato de tubulações em laticínios.....	34
Figura 1.6 - Tubulações propensas ao acúmulo de sujeira, não indicada para laticínios.....	35
Figura 1.7 - Bomba de inox 304 micros fundido, acumulando menos bactérias, da marca Gimenez.....	35
Figura 1.8 - a) Filtro de leite limpo (UVMILK), segunda etapa; b) filtro de leite usado; c) esquema de montagem do filtro	36
Figura 1.9 - Tanque de recebimento de leite da marca Gorun.....	36
Figura 1.10 - Clarificadora e padronizadora da marca Separatori.....	37
Figura 1.11 - Homogeneizadora da marca TecnoLab.....	38
Figura 1.12 - Pasteurizador rápido a placas Inoxtex.....	39
Figura 1.13 - Tanque refrigerador e de armazenamento Sulinox.....	40
Figura 1.14 - Secador Spray Dryer centrífugo.....	41
Figura 1.15 - Peneira elétrica para alimentos em pó.....	42
Figura 1.16 - Embaladora de pó Tegfag.....	42
Figura 1.17 - sistema de CIP móvel.....	43
Figura 1.18 - Localização da cidade de Prata na Paraíba.....	44
Figura 1.19 - Classificação reológica dos fluidos.....	47
Figura 1.20 - Curva de fluxo de fluidos Newtonianos.....	48
Figura 1.21 - Diagrama com exemplos de comportamentos reológicos.....	49
Figura 1.22 - Curva de fluxo seguindo o modelo de Bingham.....	51
Figura 1.23 - Curva de fluxo seguindo o modelo de Herschel-Bulkley.....	51
Figura 1.24 - Curva de fluxo seguindo o modelo de Ostwald - Waele.....	52
Figura 1.25 - Gráfico da relação entre Tensão de cisalhamento (Pa) e a Taxa de deformação (s^{-1}) para as concentrações de 20%, 25%, 30%, 35% e 40%.....	59

Figura 1.26 – Gráfico da relação entre viscosidade aparente (Pa) e a Taxa de deformação (s^{-1}) para as concentrações de 20%, 25%,30%,35% e 40%.....	60
Figura 2.1 - Esquema da atomização	74
Figura 2.2 - Esquema das partes do spray dryer	76
Figura 2.3 - Exemplos de fluxo de ar de secagem.....	77
Figura 2.4 - Diagrama dos fatores que influenciam a secagem por spray dryer.....	79
Figura 2.5 - Diagrama de Pareto dos efeitos individuais e combinados em relação ao Rendimento(Rd%)	93
Figura 2.6 - Gráfico dos resíduos x ordem de coleta dos dados	94
Figura 2.7 - Diagrama de Pareto para teor de água.....	97
Figura 2.8 - Diagrama de Pareto para pH.....	98
Figura 2.9 - Diagrama de Pareto para cinzas.....	98
Figura 2.10 - Diagrama de Pareto para acidez.....	99
Figura 2.11 - Gráfico de resíduos para teor de água	101
Figura 2.12 - Gráfico de resíduos para pH.....	102
Figura 2.13 - Gráfico de resíduos para teor de cinzas.....	102
Figura 2.14 - Gráfico de resíduos para acidez.....	103
Figura 2.15 - Diagrama de Pareto para gordura.....	107
Figura 2.16 - Diagrama de Pareto para SNG.....	108
Figura 2.17 - Diagrama de Pareto para densidade.....	108
Figura 2.18 - Diagrama de Pareto para proteína.....	109
Figura 2.19 - Diagrama de Pareto para lactose.....	109
Figura 2.20 - Diagrama de Pareto para crioscopia.....	110
Figura 2.21 Diagrama de Pareto para sais	110
Figura 2.22 - Gráfico de resíduos para teor de gordura.....	113
Figura 2.23 - Gráfico de resíduos para SNG.....	114
Figura 2.24 - Gráfico de resíduos para densidade.....	114
Figura 2.25 - Gráfico de resíduos para proteína.....	115
Figura 2.26 - Gráfico de resíduos para Lactose.....	115
Figura 2.27 – Gráfico de resíduos para crioscopia	116
Figura 2.28 - Gráfico de resíduos para sais	116
Figura 2.29 – Imagens das partículas obtidas pelo MEV	120
Figura 2.30 - Imagens das partículas obtidas pelo MEV.....	121
Figura 2.31 - Diagrama de Pareto para ângulo de repouso.....	123

Figura 2.32 - Diagrama de Pareto para molhabilidade.....	123
Figura 2.33 - Diagrama de Pareto para solubilidade.....	124
Figura 2.34 - Diagrama de Pareto para densidade aparente.....	124
Figura 2.35 - Diagrama de Pareto para densidade real.....	125
Figura 2.36 - Diagrama de Pareto para porosidade.....	125
Figura 2.37 – Diagrama de Pareto para tamanho de partículas	126
Figura 2.38 - Gráfico de resíduos para ângulo de repouso.....	128
Figura 2.39 - Gráfico de resíduos para molhabilidade.....	129
Figura 2.40 – Gráfico de resíduos para solubilidade.....	129
Figura 2.41 - Gráfico de resíduos para densidade real.....	130
Figura 2.42 – Gráfico de resíduos para densidade aparente	130
Figura 2.43 – Gráfico de resíduos para porosidade.....	131
Figura 2.44 – Gráfico de resíduos para tamanho de partículas	131
Figura 3.1 - Delimitação do estudo.....	144
Figura 3.2 - Exemplo de layout posicional.....	149
Figura 3.3 - Exemplo de layout Funcional.....	150
Figura 3.4 - Exemplo de layout linear.....	150
Figura 3.5 - Exemplo de layout celular.....	151
Figura 3.6 - Ligação entre os tipos de layout contemporâneos e convencionais.....	153
Figura 3.7 - Símbolos utilizados em cartas de processos.....	154
Figura 3.8 - Exemplo de carta de processo.....	155
Figura 3.9 - Exemplo de fluxos de produção.....	156
Figura 3.10 - Fases do sistema SLP.....	157
Figura 3.11 - Sistema de procedimento SLP.....	158
Figura 3.12 - Exemplificação do diagrama de interrelação entre atividades.....	160
Figura 3.13 - Exemplificação do diagrama de relacionamento das áreas.....	161
Figura 3.14 – Exemplo de diagrama de relacionamento de espaço.....	163
Figura 3.15 - Exemplo de ajuste do arranjo físico.....	164
Figura 3.16 - Etapas da pesquisa.....	168
Figura 3.17 - Carta de Processo de produção do leite em pó.....	171
Figura 3.18 - Diagrama de Interrelação de atividades.....	173
Figura 3.19 - Diagrama de relacionamento de áreas.....	174
Figura 3.20 - Diagrama de relacionamento de espaço.....	182
Figura 3.21 - Ajuste do arranjo físico.....	182

Figura 3.22 – Alternativa de layout 01	184
Figura 3.23 – Alternativa de layout 01 com identificação do fluxo de produção	185
Figura 3.24 – Alternativa de layout 02	186
Figura 3.25 – Alternativa de layout 02 com identificação do fluxo de produção	187
Figura 3.26 – Alternativa de layout 03.....	188
Figura 3.27 – Alternativa de layout 03 com identificação do fluxo de produção	189
Figura 4.1 – Plano APPCC.....	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Composição do leite de cabra.....	27
Tabela 1.2 - Parâmetros reológicos dos modelos matemáticos ajustados aos dados do Leite de cabra em diferentes concentrações.....	56
Tabela 2.1 – Tamanho da gota na atomização.....	76
Tabela 2.2 – Variáveis de entrada e seus níveis.....	85
Tabela 2.3 - Delineamento experimental de secagem.....	85
Tabela 2.4 - Delineamento experimental de secagem.....	86
Tabela 2.5 - Rendimento dos experimentos (Rd (%)) e matriz do experimento. Em que X1 é a temperatura (C°), X2 é a velocidade de rotação do atomizador (VR (Hz)) e X3 é a concentração do leite (Con. (%)).....	92
Tabela 2.6 - Análise de variância (ANOVA) para o rendimento. Onde: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R ²	94
Tabela 2.7 - Valores médios das análises físico-químicas do leite em pó. Valores de referência de acordo com a IN para leite de cabra n°37. * De acordo também com IN para leite em pó 53/2018.....	95
Tabela 2.8 - Análise de variância (ANOVA) para teor de água, pH, cinzas e acidez. Onde: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R ² : coeficiente de determinação.....	100
Tabela 2.9- Valores médios das análises físico-químicas do leite em pó.....	104
Tabela 2.10 - Análise de variância (ANOVA) para gordura, SNG, Densidade, proteína, lactose e crioscopia. Onde: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R ² : coeficiente de determinação.....	112
Tabela 2.11 - Valores médios das análises físico-químicas do leite em pó.....	117
Tabela 2.12 - Análise de variância (ANOVA) para ângulo de repouso, molhabilidade, solubilidade, densidade aparente e porosidade. Onde: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R ² : coeficiente de determinação.....	127
Tabela 3.1 - Resumo das principais características dos layouts convencionais.....	152
Tabela 3.2 – Escolha da melhor alternativa de layout.....	190

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Escala de proximidade.....	160
Quadro 3.2 – Valores de K para diferentes tipos de indústrias.....	162
Quadro 3.3 - Resumo dos possíveis equipamentos da fábrica e suas principais características.....	176
Quadro 4.1 – Identificação de PCC's	206
Quadro 4.2 - Equipe multidisciplinar do APPCC – Cargos / Funções / Atividades.....	212
Quadro 4.3 - características principais do produto.....	213
Quadro 4.4 - Verificação dos possíveis perigos encontrados na matéria – prima.....	215
Quadro 4.5 - Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó.....	216
Quadro 4.6 - Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó.....	217
Quadro 4.7 - Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó.....	218
Quadro 4.8 - Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó.....	219
Quadro 4.9 - Verificação dos possíveis perigos que podem ocorrer quando o produto não está mais na empresa.....	220
Quadro 4.10 - Medidas para evitar o aparecimento de possíveis perigos, quando o produto já está na casa do consumidor.....	220
Quadro 4.11 - Verificação de possíveis perigos encontrados no leite in natura.....	223
Quadro 4.12 – Quadro resumo.....	225

RESUMO

O leite caprino é um alimento muito rico nutricionalmente, gerando inúmeros benefícios para a saúde humana, principalmente para pessoas que são alérgicas ao leite de vaca. O nordeste brasileiro possui o maior rebanho do país, e a Paraíba é um dos estados que mais produz tal alimento. No entanto, o potencial econômico desse produto é pouco explorado, sendo grande parte da produção, destinada a subsistência familiar ou a venda in natura em pequena escala. A desidratação do leite, é uma excelente opção para a comercialização em larga escala. Objetivou-se com esse trabalho o estudo do processo de secagem do leite, com o intuito de otimizá-lo, através dos parâmetros de secagem. Foram realizados 15 experimentos de secagem, modificando a concentração (20, 30 e 40%), a velocidade de rotação do atomizador (300, 400 e 500 Hz) e a temperatura de entrada (170, 190 e 210°C). Realizou-se a caracterização físico química dos pós obtidos nesses tratamentos (pH, acidez em ácido láctico, teor de água, cinzas, gordura, extrato seco desengordurado, densidade, proteínas, lactose, crioscopia e sais). Realizou-se também análises físicas (ângulo de repouso, molhabilidade, solubilidade, densidade aparente e compactada, porosidade, microscopia eletrônica de varredura e análise de cor). Observou-se que todas as análises, exceto teor de sais e densidade real, tiveram no mínimo um parâmetro significativo estatisticamente, confirmando a importância da definição desses parâmetros no processo. A qualidade do produto obtido, de maneira geral, foi bastante satisfatória, visto que praticamente todas as análises, conseguiram alcançar resultados dentro do padrão estabelecido pela norma e/ou literatura, em todos os tratamentos. De modo geral, os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram o 13 (190°C/400Hz/30%), ponto central, tendo êxito em quase todas as análises e obteve um rendimento excelente e o 9 (190°C/300Hz/20%), que embora também tenha alcançado excelentes resultados nas análises, teve um rendimento inferior. Também realizou-se o estudo reológico das concentrações utilizadas na secagem e foi observado que quanto maior é a concentração do leite, maior a necessidade de uma tensão de cisalhamento para iniciar o escoamento do mesmo, exigindo mais energia para o bombeamento do produto. O aumento da concentração faz o leite variar de newtoniano para não newtoniano com comportamento dilatante. Foi observado também que os modelos de Bingham e Ostwald-waele foram os que obtiveram resultados mais satisfatórios. Objetivou-se também nesse trabalho o projeto do layout da fábrica de leite em pó, a ser instalada na região do semiárido paraibano. Através do método SLP e Gerchet, foram gerados diagramas (interrelação de atividades, relacionamento de áreas, relacionamento de espaço) para facilitar a criação das opções dos arranjos físicos. Fez-se necessário também, o conhecimento de todo o processo produtivo do leite em pó, que pôde ser resumido na carta de processo. Um outro ponto aqui abordado, foi a criação do plano APPCC para a futura fábrica. Foi identificado que tal processo possui alguns pontos críticos como o recebimento do leite, a pasteurização e secagem do produto, necessitando de monitoração durante o processo.

Palavras-chaves: secagem, leite caprino, layout industrial, APPCC

ABSTRACT

Goat milk is a very nutritionally rich food, generating numerous benefits for human health, especially for people who are allergic to cow's milk. The Brazilian northeast has the largest herd in the country, and Paraíba is one of the states that most produces such food. However, the economic potential of this product is little explored, with a large part of the production destined for family subsistence or for sale in natura on a small scale. Milk dehydration is an excellent option for large-scale commercialization. The objective of this work is to study the milk drying process, in order to optimize it, through the drying parameters. Fifteen drying experiments were carried out, modifying the concentration (20, 30 and 40%), the atomizer rotation speed (300, 400 and 500 hz) and the inlet temperature (170, 190 and 210°C). The physicochemical characterization of the powders obtained in these treatments was carried out (pH, lactic acid acidity, humidity, ash, fat, defatted dry extract, density, proteins, lactose, cryoscopy and salts). Physical analyzes were also performed (angle of repose, wettability, solubility, apparent and compacted density, porosity, scanning electron microscopy and color analysis). It was observed that all analyses, except salt content and real density, had at least one statistically significant parameter, confirming the importance of defining these parameters in the process. The quality of the product obtained, in general, was quite satisfactory, since practically all analyzes were able to achieve results within the standard established by the standard and/or literature, in all treatments. In general, the treatments that showed the best results were 13 (190°C/400Hz/30%), central point, which had good results in almost all analyzes and had an excellent performance, and 9 (190°C/300Hz /20%), which, although it also achieved excellent results in the analyses, had a lower yield. A rheological study of the concentrations used in drying was also carried out and it was observed that the higher the concentration of milk, the greater the need for a shear stress to start the flow of the same, requiring more energy for pumping the product. Increasing the concentration causes the milk to vary from Newtonian to non-Newtonian with dilating behavior. It was also observed that the Bingham and Ostwald-waele models were the ones that obtained the most satisfactory results. Another objective of this work was the design of the layout of the powdered milk factory, to be installed in the semi-arid region of Paraíba. Using the SLP and Gerchet method, diagrams were generated (interrelation of activities, relationship of areas, relationship of space) to facilitate the creation of options for physical arrangements. It was also necessary to know the entire production process of powdered milk, which could be summarized in the process chart. Another point discussed here was the creation of the HACCP plan for the future factory. It was identified that such a process has some critical points such as the receipt of milk, pasteurization and drying of the product, requiring monitoring during the process.

Key – words: drying, goat milk, industrial layout, HACCP

INTRODUÇÃO GERAL

Para melhor organização das informações, este trabalho foi dividido em 4 capítulos. O Capítulo 01, abordou informações a respeito do leite de cabra e todo o processo produtivo do leite em pó, além de algumas informações pertinentes à Fazenda São Paulo e à cooperativa de caprinocultores. Neste capítulo também aborda-se o estudo reológico do leite em diferentes concentrações (20, 30 e 40%, que foram utilizadas no processo de secagem, além das concentrações de 25 e 35%.

O processo de produção do leite em pó, engloba várias etapas, mas uma em especial daremos maior atenção, por ser a principal etapa deste processo: a secagem propriamente dita. Esse processamento foi estudado de forma mais minuciosa no capítulo 02.

No capítulo 03 foi analisado o estudo e projeto do layout da fábrica de leite em pó, um aspecto importante na criação da unidade produtora, já que um arranjo físico satisfatório é responsável pela otimização das atividades empresariais, visto que no estudo do layout são verificados os pontos fracos com o intuito de saná-los antes que eles causem prejuízos (SILVA & MORAES, 2015). O layout também interfere na competitividade do mercado, uma vez que o arranjo físico gera impacto nos custos de produção, diminuindo as distâncias, aumentando a eficiência produtiva (SILVA et al., 2012).

No capítulo 04, foi abordado o estudo e análises dos pontos críticos da produção do leite em pó, pelo método APPCC (análise de perigos e pontos críticos de controle).

CAPÍTULO 01

**O LEITE DE CABRA E SUAS CARACTERÍSTICAS, O PROCESSO DE PRODUÇÃO
DO LEITE EM PÓ E A FAZENDA SÃO PAULO**

1.1 INTRODUÇÃO

O leite caprino é um alimento que traz muitos benefícios para a saúde humana, visto que contém vários elementos importantes como proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e sais minerais. Mesmo com tantos benefícios ainda não é um produto muito difundido, sendo o leite de vaca o mais consumido (SILVA et al., 2017). Possui também consequências benéficas a saúde humana, por ter características de hipoalergenicidade e digestibilidade intestinal da gordura (GOMES et al., 2015), beneficiando as funções fisiológicas e nutricionais, principalmente de crianças e idosos, além de facilitar o consumo por pessoas que possuem alergia a outro tipo de leite (SOUZA et al., 2019).

O potencial econômico desse alimento ainda é pouco explorado, principalmente na região Nordeste que detém os estados com maior rebanho do país e maior produção do leite (MAGALHÃES et al. 2020). No entanto a situação no Brasil começou a se modificar. Programas do governo têm inserido o leite de cabra no cardápio da merenda escolar o que ajuda a escoar a produção. Outro nicho de mercado que tem crescido bastante é o consumo por crianças alérgicas a outros tipos de leite.

Uma das características importantes a ser estudada em um fluido antes do processo de desidratação ou secagem é a reologia. Conhecer o comportamento reológico ajuda na otimização do processo, interferindo também no dimensionamento de bombas e tubulações. Por ser um alimento facilmente perecível é importante o estudo de técnicas que visam a conservação do produto, visto que muitas vezes, ocorre a degradação do alimento por não ter tempo hábil para a comercialização, gerando prejuízos para os produtores (SALES et al., 2014). Uma das técnicas muito utilizada na indústria láctea e considerada uma das operações mais antigas registrada para conservação dos alimentos é a desidratação ou secagem do leite que transforma o alimento do estado líquido para o estado sólido em forma de pó. Este processo consiste na perda de água livre, que se encontra no produto, através do aquecimento do mesmo. Ao realizar o processo de secagem a perecibilidade do alimento é reduzida, aumentando a vida de prateleira, não sendo necessário que o produto seja refrigerado para ser conservado. De forma geral, produz pós estáveis, os quais possuem baixa umidade, dificultando ou mesmo impedindo o crescimento de microrganismos e reações físico-químicas responsáveis pela deterioração (BALKE et al., 2014).

Além do aumento de sua vida útil, o volume é reduzido, tornando mais fácil e barato transportar e armazenar. No entanto necessita de alguns cuidados especiais como uma embalagem impermeável a umidade (FREITAS et al., 2019).

A obtenção do leite em pó traz vários benefícios comerciais e logísticos, especialmente no período de entressafra, quando a quantidade produzida diminui em até 35%, garantindo suprimento alimentar durante todo o tempo (COELHO et al., 2016). O leite de cabra em pó é menos suscetível a ação de microrganismos, porém merece ser pesquisado, com o intuito de desenvolver procedimentos eficazes de controle na produção (CLAEYS et al., 2014).

A Fazenda São Paulo, localizada no município de Prata na Paraíba, alvo desse estudo, reúne em seu entorno vários produtores do leite caprino, gerando dificuldades em escoar toda a produção. Todos esses produtores formam hoje uma cooperativa que atualmente produz aproximadamente 4 mil L por dia, mas só conseguem vender ao governo e a outros consumidores um total de 1700 L. Uma alternativa encontrada para comercializar o excedente da produção é através da desidratação, que dará ao produto uma maior vida útil. Para que essa empresa utilize a técnica de secagem, viabilizando a produção do leite em pó, é imprescindível criar uma unidade produtora, na mesma. A unidade beneficiadora tem por objetivo transformar o excesso da produção leiteira em leite em pó, produto prático, que possui diversas vantagens mencionadas anteriormente. Contudo para implantar uma unidade produtora de leite de cabra em pó é indispensável uma série de estudos e análises do leite de cabra e seu processo de secagem, que deverão obedecer a critérios nacionais de qualidade do leite.

Assim, objetivou-se neste capítulo estudar o leite de cabra e suas características físico químicas, além de conhecer a produção do leite em pó, detalhando cada etapa do processo e equipamentos utilizado.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Leite de Cabra

O leite caprino é de grande importância econômica em vários países, principalmente na região do Mediterrâneo e Oriente Médio, sendo particularmente importante na França, Itália, Espanha e Grécia, locais onde a caprinocultura leiteira e os derivados lácteos representam uma atividade tradicional de grande importância social, cultural e ambiental (GARCIA et al., 2014).

No setor agropecuário brasileiro, a caprinocultura leiteira se destaca como uma atividade tradicional, principalmente nos pequenos estabelecimentos rurais (FEITOSA et al., 2020), tal atividade ainda é marginalizada, sendo considerada de subsistência, caracterizada, em sua maioria, por baixa produtividade e realizada por pequenos produtores com pouco capital e tecnologia. A mão de obra da produção fica nas mãos do produtor e de sua família, incluindo mulheres e crianças, complementando a renda familiar (SHIBATA, 2018). Além disso, até os anos 90 a maioria dos produtores de leite caprino, era de dupla aptidão, priorizando a produção de carne e pele. O pouco leite produzido era destinado ao consumo familiar e outra parte ínfima, destinado ao comércio local (OLIVEIRA, 2020).

Mesmo assim, a caprinocultura leiteira se destaca por causa do grande valor agregado ao produto, facilidades no manejo, necessidade de pequenas áreas e pouca quantidade de alimento necessário para a criação dos animais, tornando tal atividade, uma alternativa viável para as pequenas famílias, que precisam de um investimento 3 vezes menor comparando com a criação de vacas (FELISBERTO et al., 2016).

Por ser fonte de proteína, gordura, carboidratos e vitaminas, o leite de cabra é um produto que tem crescido economicamente. No Brasil este mercado está se desenvolvendo, apresentando crescimento nos últimos anos, principalmente nas grandes cidades. Além dos consumidores nos grandes centros urbanos, destacam-se os governos estaduais, da região Nordeste e o governo federal que tem incentivado a produção de leite de cabra na região, através do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), em que o governo tem o papel de comprador do produtor, fortalecendo, incentivando a produção e inserindo esse alimento nas merendas das escolas públicas (FELISBERTO, 2016). Outro nicho de mercado que tem expandido é o consumo do alimento por crianças alérgicas a outros tipos de leite (SALES et al., 2014). De acordo com Silva et al. (2017) 2,5% da população, principalmente crianças, apresentam reação

alérgica ao leite de vaca, optando pelo de cabra que por ser altamente nutritivo é um alimento muito indicado pelos médicos (WANG et al., 2015), beneficiando as funções fisiológicas e nutricionais, desses pacientes (GARCIA et al., 2014).

A criação de cabra no Nordeste vem se desenvolvendo bastante, graças a grande capacidade de adaptação dos animais além das técnicas de manejos dos criadores (CARNEIRO, et al. 2017). De acordo com Silva et al. (2020) o país possui 8.260.607 milhões de cabras, localizadas principalmente nessa região. Depois do Nordeste que detém 70% da produção do leite caprino nacional, o Sudeste vem em segundo lugar com 24% da produção. O país é o maior produtor de leite caprino da América do Sul, com aproximadamente 270 milhões de litros de leite por ano, volume que vem se recuperando de alguns anos de queda (IBGE, 2019).

Porém, os modelos de produção dessas regiões são bem distintos, tanto pelo clima, que no Sudeste é subtropical e tropical montanhosas, com média anual da temperatura entre 18 e 24 °C e no Nordeste que é tropical semiárido, com temperaturas acima de 25°C e uma baixa precipitação de chuvas, como também o sistema de criação dos animais, enquanto no Sudeste é adotado o confinamento durante todo o ano, com dieta contendo alto teor de concentrado, contando com animais mais especializados para a produção de leite com produtividade média de 569 L por cabra, no Nordeste o sistema de produção utiliza, principalmente a pastagem nativa, (a caatinga) no período de chuvas e a suplementação de concentrados em período de estiagem. Os animais são menos especializados para a produção de leite, tendo uma produtividade média de 220 L por cabra (LÔBO et al. 2017).

No Sudeste a produção é, em sua maioria, destinada às indústrias de laticínios para produção dos derivados, além da comercialização nas principais cidades da região. Lá, embora o rebanho seja bem menor que o do Nordeste, se destaca sediando a empresa especializada na produção de leite e derivados. Esse fato está diretamente ligado à demanda, já que nessa região também se concentra o maior centro consumidor do país (EMBRAPA, 2018). Já no Nordeste, o principal destino é o Programa de Aquisição de Alimento (PAA) do governo federal e a venda informal do produto in natura. Apenas uma pequena parcela segue para o beneficiamento de produtos lácteos (OLIVEIRA, 2020).

De acordo com o censo Agropecuário 2019 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) os estados da Paraíba e Pernambuco são os maiores produtores de leite de cabra do Brasil, detendo 50% da produção leiteira regional e 35% da nacional. Dentro do estado da Paraíba, Taperoá e Sumé são os municípios que mais produzem.

Com relação à comercialização desse produto, o estado paraibano também está no primeiro lugar do ranking nacional, comercializando 4,059 milhões do total produzido. Nesse aspecto se destaca o município de Amparo seguido de Monteiro e Sumé. O município de Prata está em 5º lugar. Outro aspecto em que esse estado se destacou foi na quantidade de estabelecimentos que produzem o leite de cabra, no ano de 2017 totalizou 2.677, ficando no 2º lugar no ranking nacional. O número de cabras ordenhadas, total de 19.397, deixando a Paraíba novamente em 2º lugar no ranking nacional (SILVA et al., 2017).

Mesmo com o aumento da produção de leite caprino e com todos dos dados listados acima, quando se compara o rebanho brasileiro com os países europeus, constata-se que a produção e principalmente o beneficiamento do produto ainda é muito baixo. Na Europa 23% dos queijos consumidos são derivados do leite caprino (SILVA et al., 2013). No Brasil estima -se que o consumo do leite e outros derivados não ultrapassa 1,2 kg/hab/ano (EMBRAPA, 2018). A maior parte do leite de cabra brasileiro (93 a 95%) é consumido na forma líquida, principalmente como meio de subsistência das famílias produtoras. Os derivados lácteos desse leite representam uma pequena porcentagem do consumo total sendo 3 a 4% em forma de pó e 2 a 3% como queijos, iogurtes, sorvetes, doces e cosméticos (ALVES, 2018). Mesmo assim, os queijos produzidos possuem pouco tempo de maturação, já que a confecção é mais rápida, fácil e sem necessidade de grandes investimentos na propriedade (MONTEIRO, 2015). Essa pequena produção de derivados lácteos caprino no Brasil, mesmo atendendo todas as exigências do mercado, principalmente no tocante a qualidade, enfrenta um outro problema que é a importação de produtos lácteos caprino, principalmente da Europa. Contudo observa-se que é um produto com grande potencial no consumo, tanto do leite in natura, como os seus derivados, porém é necessário que haja mais disponibilidade, informações do produto e também preços mais acessíveis (DUARTE et al., 2019).

Em sua composição tal leite, possui vários componentes nutricionais extremamente benéficos para saúde humana como minerais, vitaminas do tipo A, B6 e B12, aminoácidos, proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos essenciais, alcalinidade distinta e maior capacidade tamponante, o que o torna um alimento completo e mais rico nutricionalmente quando comparado ao leite de vaca ou de outro animal (NOBRE, 2014). É absorvido facilmente pelo nosso organismo, rico em proteína, possuindo até 30% menos colesterol que o leite bovino, baixo teor de açúcar e grande quantidade de vitamina A (SHIBATA, 2018). Golinelli et al. (2014) afirmaram que o leite tem moléculas de gordura menores em comparação aos de outras espécies animais, tornando-o altamente digestível. Outro aspecto que melhora sua digestibilidade é a

ausência da substância aglutinina em sua composição, além de ter em quantidade menor a caseína (20%) que reduz o processo alérgico nos seres humanos (MADUREIRA et al., 2017). Assim, o uso do produto em derivados tem consequências benéficas à saúde humana, por ter características de hipoalergenicidade e digestibilidade intestinal da gordura (GOMES et al., 2015). O leite caprino também é rico em CLA (ácido linoleico conjugado) o que dificulta a criação de placas de gordura nas artérias, facilitando também a diminuição dos níveis de açúcar no sangue contribuindo para a redução dos níveis sanguíneos de colesterol e triglicerídeos sem alterar o HDL (colesterol bom), além de ser um ótimo antioxidante (OLIVEIRA, 2018).

O leite de cabra e seus derivados, por suas características bioquímicas e organolépticas, são considerados pela indústria láctea produtos de alta qualidade beneficiando toda a cadeia produtiva do leite, o produtor com a agregação de valor ao produto, a indústria por ter maior rendimento de derivados e também o consumidor por ter acesso a um produto de alta qualidade (SCATAMBURLO et al., 2015) (LIMA et al., 2016).

A indústria mundial de produtos lácteos está tendo que se adequar a padronização das normas de qualidade, o que exige um comprometimento social, econômico e político de todos os membros do setor leiteiro. No Brasil, de acordo com COELHO et al. (2018), são estabelecidos alguns parâmetros para o leite de cabra destinado ao consumo humano como: 13 a 18 °D para acidez, 2,9% para gordura, 4,3% para lactose, 8,2% de sólidos não gordurosos e 1.028,0 a 1.034,0 g/L para densidade a 15 °C. Para a produção e o beneficiamento são necessários cuidados higiênico-sanitários, já que o produto é muito predisposto à contaminação microbiana. Caso haja falha em alguma parte do processo de produção, transporte ou armazenamento o padrão microbiológico pode ser alterado, não atendendo a legislação. É por isso que práticas adequadas de higiene, manipulação e manejo do leite são essenciais para a qualidade e segurança alimentar (SILVA et al., 2017).

É comum encontrar pessoas que, de acordo com Nobre (2014), compreendam que o leite de cabra apresenta aroma e paladar diferenciado, tido como um alimento com características sensoriais indesejáveis. Contudo é importante verificar que em muitos casos o leite possui odor, não o cheiro característico do alimento, devido às más condições de higiene e de manejo do rebanho. No Nordeste, especificamente na Paraíba, enfrenta-se um grande desafio com relação a produção de leite de cabra com qualidade, mesmo sendo destaque na pecuária de leite caprino (CRUZ et al., 2019). Verifica-se na Tabela 1.1 a composição do leite caprino.

Tabela 1.1 - Composição do leite de cabra

Parâmetros	Média	Min.	Máx.	Valor Real*
Gordura (%)	2,99	1,00	7,63	2 a 3 %
Sólidos não gordurosos (SNG)	8,94	7,02	11,41	Mínimo 8,20
Sólidos Totais (%)	11,93	8,02	19,04	**
Proteína (%)	3,31	2,81	4,22	Mínimo 2,8
Lactose (%)	4,89	4,18	6,2	Mínimo 4,3
Densidade (g/l)	1,032	1,027	1,039	1,0280 a 1,0340
Ponto de Congelamento (°H)	-0,576	-0,787	-0,469	-0,585 a 0,555
Acidez (°D)	16,94	12	22	13 a 18

* De acordo com Instrução Normativa 37 de 31 de outubro de 2000 (Brasil, 2000).

** Não consta na IN 37/2000.

Fonte: Adaptado de RAMOS NETO et al. (2021)

1.2.2 Produtos em pó

Na economia mundial um dos segmentos mais dinâmicos é a indústria de alimentos. É preciso estar sempre em busca de novas soluções, buscar novos produtos e novos processos são imprescindíveis guiando o desenvolvimento da tecnologia de alimentos com o intuito de oferecer mais qualidade ao consumidor. No entanto, qualidade não é um conceito absoluto e inclui propriedades sensoriais de sabor, odor, textura e fatores psicológicos. O frescor é a característica mais almejada em alimentos e está relacionada à percepção de qualidade, que também inclui praticidade, facilidade e rapidez de preparo, benefícios à saúde e qualidade nutricional comparável à do alimento in natura (TRIBOLI, 2014).

Atualmente a tendência do mercado é por produtos mais saudáveis, com alto teor de nutrição e práticos, de rápido preparo. A secagem de frutas, leites entre outros., desponta como uma alternativa para esse novo estilo de vida. Esses produtos em pó, como sucos e leites podem ser integrados ao dia a dia levando todos os benefícios nutricionais do alimento, além da praticidade de preparo e da longa validade do produto, substituindo os similares artificiais existentes no mercado (IBIAPINA et al., 2018).

De acordo com Balke et al. (2014) os produtos em pó possuem baixo teor de água, dificultando ou mesmo impedindo o crescimento de microrganismos e as reações físico-químicas responsáveis pela deterioração do produto. Gaiani et al. (2010)

afirmaram que ao diminuir o teor de água de um determinado alimento, várias vantagens são obtidas, como a redução da deterioração microbiológica e assim o aumento da vida de prateleira do produto, reduzindo o preço da estocagem, embalagem e transporte, facilitando o manuseio.

Os pós são formados por partículas de tamanhos diferentes, que se agrupam formando um conjunto. Características como densidade e composição química podem variar no conjunto dos grânulos, dificultando sua caracterização. É importante conhecer como o conjunto de partícula se comporta ao ser processado, transportado ou armazenado (CAMPOS, 2012). Métodos e instrumentos variados são usados para medir o tamanho da partícula de um pó como a peneiração, contagem em microscópio ótico, difração a laser, sedimentação, entre outros (PEREA-FLORES et al, 2010).

O armazenamento do produto depende de alguns fatores como observar o tamanho e as propriedades da embalagem, condições ambientais de estocagem (umidade relativa, concentração de oxigênio, luz e temperatura), transporte e manuseio, além da composição química do alimento, tipo e concentração de aditivos (KOWALSKA & LENART, 2005).

1.2.3 Leite em pó

Com o aumento do consumo e da produção de leite, sentiu-se a necessidade de melhorar as técnicas de higienização na obtenção, transporte e conservação do alimento com o intuito de garantir um produto limpo, saudável e com maior tempo de prateleira (*Shelf life*). Surge o leite em pó, derivado do leite natural, uma forma moderna de consumo do produto, embora bastante antiga (SCHEIBEL, 2018). Em função da praticidade que o mundo atual exige, o consumo do leite em pó tem crescido bastante, já que além de prático o produto oferece também a segurança alimentar (ZOCCAL, 2014). É obtido através da desidratação do leite que contém em sua maioria água (87,5%), eliminada por meio de um processo de secagem por atomização, restando apenas o extrato seco e uma pequena quantidade de água (2,5%). A gordura influencia seriamente o processo de obtenção, devido ao perigo de oxidação e rancificação durante o processo de armazenamento (MEDEIROS et al., 2014).

Tal produto é classificado de acordo com o seu teor de gordura, podendo ser integral (teor de gordura maior ou igual a 3%), parcialmente desnatado (teor de gordura entre 0,6 e 2,9%) e desnatado (teor de gordura máximo de 0,5%). O teor de gordura contido no alimento dependerá do alimento in natura utilizado para fazer a desidratação

(MARTINS, 2018). Como a maior parte da gordura do leite caprino é formada de ácidos graxos de cadeia média, representando fonte de energia saudável, o principal tipo de leite em pó produzido no Brasil é integral, que contém aproximadamente 3,2% de gordura e 3 a 2,5% de umidade. Já no mercado internacional, o laticínio holandês CBM B.V. possui em sua gama de produtos caprinos o leite em pó desnatado, contendo cerca de 1,5% de gordura e 4% de umidade (MEDEIROS, 2010).

Além da classificação pelo teor de gordura, o alimento também pode ser qualificado pela intensidade do tratamento térmico (baixo, médio ou alto) e com relação à umectabilidade e dispersibilidade, ou seja, se o leite é ou não instantâneo (TORRES, 2016).

No processo de secagem do produto integral, apenas a água da emulsão é retirada, deixando a gordura livre de ponto de fusão mais alto, atuando como hidrofóbico na superfície das partículas, prejudicando a reconstituição do alimento em água à temperatura inferior a 45°C. Para diminuir esse efeito pode-se, após a secagem, efetuar um rápido resfriamento do pó até temperatura ambiente, evitando a liberação parcial da gordura. Outra maneira de ajudar na dissolução do produto é adicionar os agentes surfactantes, recobrando a superfície das partículas, formando uma camada hidrofílica ou umidificante. A lecitina é o agente ativo natural mais usado e aceito na produção do leite em pó. Ela possui propriedades hidrofílicas e lipofílicas, sendo utilizada para recobrir a superfície das partículas do leite em pó, servindo de ponte entre a gordura e a água, facilitando a dispersão do pó. A quantidade permitida dessa substância é de 0,5 a 1,0% do conteúdo de gordura presente na emulsão original. A utilização desses agentes transforma o leite em instantâneo (Normas e diretrizes do Mercosul, Portaria nº 369, em 4 setembro de 1997) (MEDEIROS, 2010).

Carvalho (2009) afirmou que a obtenção do leite em pó traz vários benefícios comerciais, especialmente no período de entressafra, quando a quantidade produzida diminui em até 35%, garantindo suprimento alimentar durante todo o tempo. Todas as informações nutricionais devem estar contidas no rótulo da embalagem e outras séries de exigências. Na composição do leite em pó não é permitido o acréscimo de outros aditivos, exceto a lecitina, amplamente empregada em padarias, confeitarias, chocolates, queijos, sorvetes, entre outros, a qual é utilizada como agente emulsionante na produção de leite instantâneo, ajudando na dispersão do produto em água e alguns anti-umectantes (silicato de alumínio, silicato de cálcio, fosfato tri cálcio, dióxido de silício, carbonato de cálcio e carbonato de magnésio) restritos ao leite em pó usado em máquinas de venda automáticas, ou ainda o acréscimo de algumas vitaminas. Sua

composição deverá conter apenas as proteínas, açúcares, gorduras e outras substâncias minerais do leite fresco e sempre nas mesmas proporções (TRIBOLI, 2014).

Dos produtos lácteos comercializados no mundo o leite em pó é o produto de maior volume de transação comercial. O Brasil é considerado, juntamente com a Nova Zelândia, um dos maiores produtores de leite em pó integral, já a França e os Estados Unidos são os maiores produtores de leite em pó desnatado (COELHO et al., 2016). Mesmo ocupando posição de destaque na produção, o Brasil também consome bastante, tendo que importar o produto. Em 2012 o país ocupava a 2ª posição no consumo mundial (19,9%) e a 3ª posição nas importações (7,5%) desse alimento (FREITAS et al., 2015). Lima Filho (2017) afirmou que o leite em pó respondeu por 66,7% das importações de produtos lácteos no Brasil em 2016, cerca de 95 mil toneladas por ano. A Argentina e o Uruguai são os principais exportadores do produto, facilitando a transação comercial, por serem todos integrantes do Mercosul.

Percebe-se assim a necessidade de investir em pesquisa nesse setor para melhorar a qualidade do produto. É importante lembrar que vários fatores podem gerar alterações nas propriedades físicas e químicas do leite, ocasionando a redução de sua vida de prateleira e por consequência seu valor comercial. Contudo os principais fatores envolvidos na deterioração da qualidade do produto, além da qualidade da matéria prima, é a absorção de água, o que resulta na aglomeração das partículas e a oxidação lipídica (MAZAL et al., 2007).

Com o leite de cabra o procedimento e a necessidade da obtenção do pó são os mesmos. Porém, ainda não é muito comum, principalmente no Brasil que possui poucas empresas produtoras. A comercialização do leite de cabra em pó neste país é recente, o projeto pioneiro de produção foi em Nova Friburgo – RJ em 1994 (CORDEIRO & CORDEIRO, 2009).

1.2.4 - Processo de produção do Leite em pó

Chen et al. (2015) afirmaram que o processo industrial de obtenção do leite em pó começa com a etapa de pasteurização do alimento. No entanto verificou-se que o processo começou bem antes da pasteurização. Na Figura 1.1, ilustra-se o fluxograma do processo de produção do leite em pó, ou seja, o processo de desidratação por atomização que passara da fase líquida para a fase sólida.

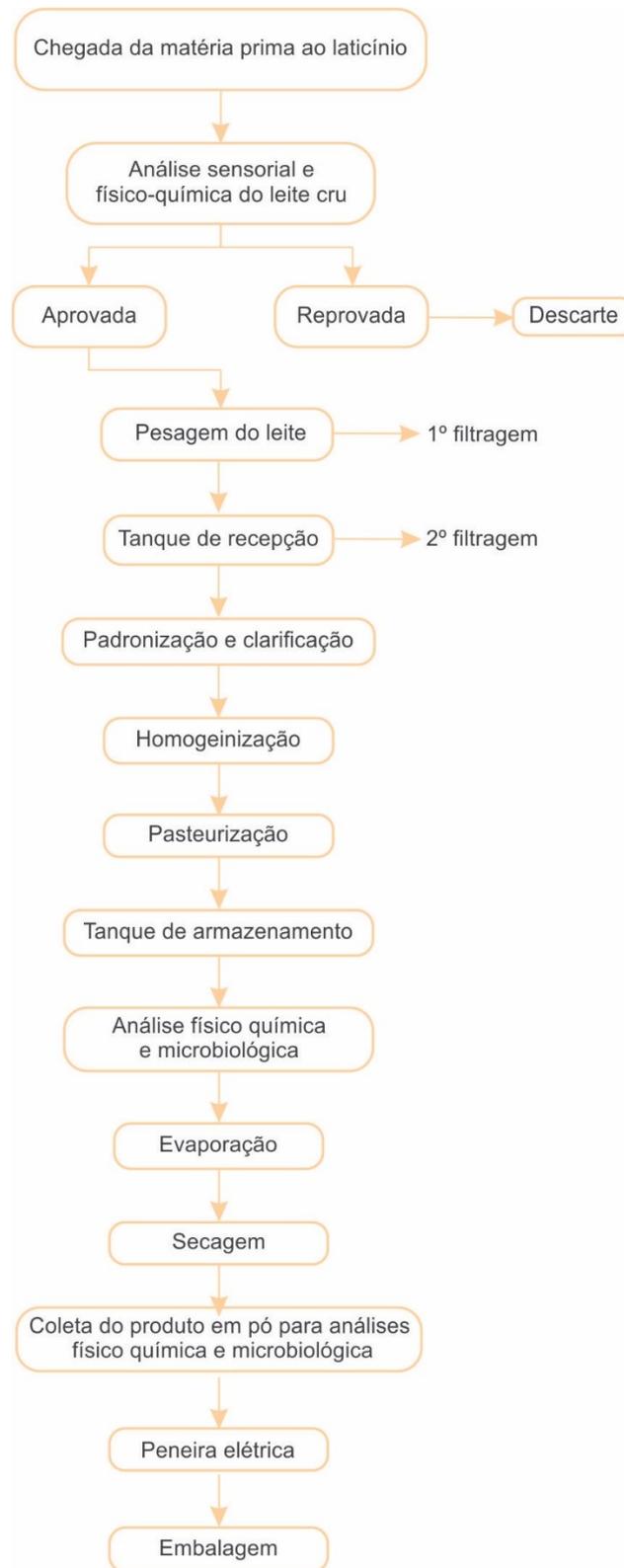


Figura 1.1 – Fluxograma do processo de produção do leite em pó

Fonte: próprio autor

1.2.5 Descrição do processo

Nesta seção do trabalho pretendeu-se detalhar melhor a produção do leite em pó, sugerindo equipamentos que poderão ser usados pela cooperativa da cidade de Prata, intuito deste trabalho. Este estudo, foi de fundamental importância para o capítulo 3, no qual foi abordado a proposta de layout para fábrica de leite em pó da cooperativa.

A matéria prima da empresa será o leite oriundo de produtores da cooperativa e da Fazenda São Paulo. Por ser uma distância pequena, o leite poderá ser transportado em tanques não climatizados, porém obrigatoriamente de inox para diminuir as chances de algum tipo de contaminação. Verifica-se na Figura 1.2 um exemplo de tanque inox para transporte de leite. A capacidade do tanque a ser adquirido pela empresa deverá ser em torno de 4 mil L, quantidade destinada para a fabricação do produto. Tanques com essa capacidade podem ser acoplados em caminhonetes facilitando o transporte.



Figura 1.2 – Tanque Inox para transporte de leite com capacidade variada

Fonte: site do fabricante (Pottencial)

Ao chegar na fábrica, ainda no tanque de transporte, é retirada uma amostra do produto que será encaminhada para o laboratório situado dentro da empresa para que sejam realizados testes de qualidade como análise sensorial, verificando de imediato a

cor, odor, sabor e aspecto geral do alimento, averiguando se está dentro da normalidade (SANTANA e FAGNANI, 2014). Posteriormente são realizadas as análises laboratoriais como: acidez, temperatura, crioscopia, teor de gordura, extrato seco total, teor de sólidos totais, reconstituinte da densidade, pesquisa de agentes inibidores do crescimento microbiano, pesquisa por detergente, sanitizantes e antibióticos. A outra parte do alimento fica aguardando os resultados das análises para determinar se o produto será internalizado na beneficiadora ou descartado, caso apresente algum item fora de conformidade com as normas, indo para o setor de tratamento de efluentes, para verificar se o produto é da própria empresa, ou simplesmente recusa o carregamento. A Figura 1.3, mostra apenas de forma ilustrativa um laboratório de uma beneficiadora de leite.



Figura 1.3 – Laboratório de empresa beneficiadora do leite Longá

Fonte: Blog do Pessoa – internet

Se todos os resultados forem satisfatórios o leite será descarregado na plataforma de recepção para prosseguir para a próxima etapa. De acordo com Moraes (2013) o produto aprovado segue para a pesagem, passando em seguida pela primeira filtragem que tem como objetivo retirar as impurezas maiores, aquelas vistas a olho nu, como cabelos, pelos, fibras vegetais, entre outros. Na Figura 1.4 verifica-se um desenho esquemático do descarregamento do produto na empresa. O líquido é retirado do tanque por uma mangueira que será acoplada no equipamento de recebimento do produto.

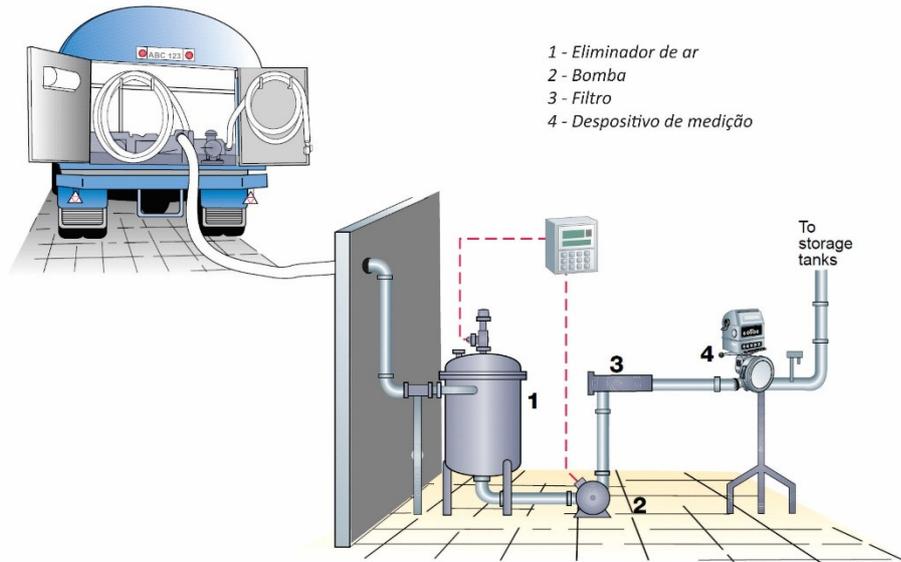


Figura 1.4 – Recebimento do leite na indústria

Fonte: Internet

A transferência do leite líquido, durante todo o processo ocorre por tubulações de aço inox (Figura 1.5), polidas internamente e externamente, sem cantos que possam acumular sujeira (Figura 1.6). O leite é puxado através de bombas como exemplificado na Figura 1.7.



Figura 1.5 – Tubo inox (a) e exemplo de organização e formato de tubulações em laticínios

Fonte: site da Cobermaq

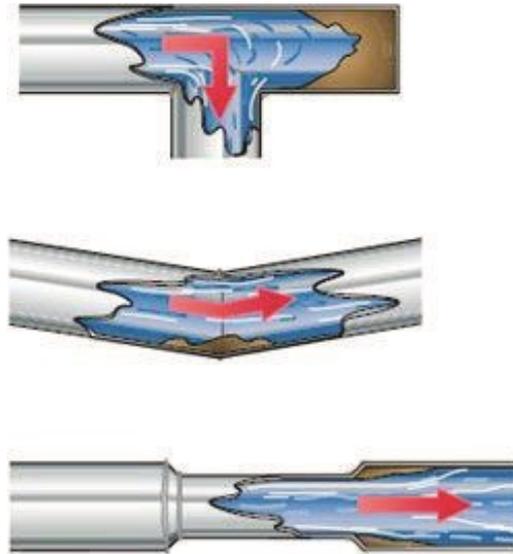


Figura 1.6 – Tubulações propensas ao acúmulo de sujeira, não indicada para laticínios.

Fonte: site da Tetra Pack



Figura 1.7 – Bomba de inox 304 micros fundido, acumulando menos bactérias, da marca Gimenez

Fonte: site de venda do produto – Gimenez

A segunda filtragem ocorre na tubulação da bomba e centrifuga por sucção. O filtro é uma tela muito fina que retém as sujeiras que não se vê a olho nu, como podemos verificar na Figura 1.8. Depois dessa filtragem o leite é encaminhado para tanques de resfriamento (Figura 1.9) para aguardar o acúmulo do produto, suficiente para seguir para as outras etapas.



Figura 1.8 – a) Filtro de leite limpo (UVMILK), segunda etapa; b) filtro de leite usado; c) esquema de montagem do filtro

Fonte: internet



Figura 1.9 – Tanque de recebimento de leite da marca Gorun

Fonte: site de vendas do produto

No tanque de recebimento (Figura 1.9) o leite é refrigerado a 4°C, como forma de atender a instrução normativa nº 51 no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para evitar a proliferação de bactérias. O leite fica nesse tanque aguardando a quantidade ideal para as etapas seguintes.

Como etapa alternativa, tem-se o pré-aquecimento do leite, a uma temperatura de 40 a 45°C. Essa etapa tem como intuito diminuir a viscosidade do produto, facilitando assim o próximo passo: a de clarificação.

Na etapa de clarificação as impurezas são eliminadas por meio de um clarificador centrífugo (2000-3000 rpm) que usa a maior densidade dos sedimentos em relação ao leite para separar as impurezas, utilizando um equipamento especial, a centrífuga padronizadora (MORAIS, 2013). Esse equipamento (Figura 1.10) clarifica o leite retirando impurezas que passaram do 2º filtro. Além da clarificação, ocorre o processo de padronização que tem como intuito, ajustar os teores de gordura deixando o produto final como desejado (FERNANDES, 2015). O leite industrializado deve ficar com os seguintes teores de gordura: Leite desnatado: de 0 – 0,5% - semidesnatado: de 0,6 – 2,9% - Integral: pelo menos 3% de gordura (MARTINS, 2018).



Figura 1.10 – Clarificadora e padronizadora da marca Separatori

Fonte: site de vendas do produto - separatori

A fase seguinte é a homogeneização que tem como intuito o melhoramento da estabilidade da emulsão da gordura, diminuindo o tamanho dos glóbulos, evitando a floculação (agregação de partículas) (MORAIS, 2013). O produto deve ser submetido a

uma temperatura superior a 54°C, de modo que toda a gordura esteja em estado líquido. O mesmo deve ser submetido a uma alta pressão e velocidade gerando o rompimento dos glóbulos de gordura, que ficarão com menor diâmetro, de maneira tal que as gorduras não conseguem mais se aglutinar em novas placas lipídicas no meio aquoso do leite (SILVA et al., 2012). Na Figura 1.11 verifica-se um dos modelos de homogeneizador do mercado.



Figura 1.11 – Homogeneizadora da marca Tecnohomo

Fonte: site de vendas do produto - Tecnohomo

A próxima etapa é a da pasteurização que tem como finalidade eliminar a maior parte dos microrganismos presentes no leite in natura, ou seja, todos os microrganismos patogênicos, fungos, bactérias, leveduras (BARBOSA et al., 2018). Nesse processo o produto é aquecido a uma determinada temperatura e depois refrigerado (FERNANDES, 2015). Para esse processo existem tipos de pasteurização: a lenta (LTLT – Low temperature long time) e a rápida (HTST – High temperature short time), sendo a segunda mais utilizada em indústria de médio e grande porte. Na pasteurização lenta o leite é aquecido a uma temperatura de 65°C durante 30 min, em tanques de parede dupla e sob agitação mecânica a fim de facilitar a troca de calor, evitando também a queima do produto. Em seguida o produto é resfriado a uma temperatura em torno de 4°C, através da circulação de água gelada nas paredes duplas do tanque. Na pasteurização rápida o leite é aquecido a 75°C durante 15s e depois resfriado a uma temperatura de 3°C (SANTOS & FOGAÇA, 2019). O leite é aquecido e resfriado

circulando entre placas, em circuito fechado e sob pressão. Também chamado de pasteurização em placas (Figura 1.12). Esse tipo de pasteurizador será utilizado na empresa, a qual estará localizada na Fazenda São Paulo, no município de Prata – PB. Existe também o processo de esterilização (UHT) - *ultra high temperature*, em que o leite é submetido a uma temperatura de 135°C durante 2 a 8 s. O (UHT) é modo mais rápido e mais adequado para as grandes indústrias (LIMA et al. 2016).



Figura 1.12 – Pasteurizador rápido a placas Inoxtech

Fonte: site de vendas do produto - Inoxtech

A pasteurização realizada antes da secagem reduz a quantidade de bactérias aeróbicas viáveis. Desse modo tal processo é uma operação de extrema importância e está associada a Ponto Crítico de Controle – PCC (Capítulo 4), e qualquer problema na sua execução poderá prejudicar a segurança alimentar como um todo (NEVES, et al. 2012).



Figura 1.13 – Tanque refrigerador e de armazenamento Sulinox

Fonte: site de vendas do produto - Sulinox

Depois de pasteurizado o produto é encaminhado para um tanque de armazenamento refrigerado (Figura 1.13), no qual fica aguardando a próxima etapa: evaporação, ou seja, a concentração do leite, por meio de um evaporador a vácuo. De acordo com Hammes (2013), tal etapa oferece economia ao processo, visto que os gastos energéticos na evaporação são menores que o da secagem, além disso, na concentração, as partículas do pó terão um índice menor de ar, facilitando a dissolução do produto.

O *spray dryer* é o equipamento responsável por fazer a secagem do leite. Pode-se verificar o modelo do equipamento na Figura 1.14. O produto já sai do secador com baixo teor de água (entre 2 e 5% de base úmida), pronto para o envase em sacos metalizados, tendo o período de comercialização prolongado por até 1 ano (OLIVEIRA, 2018).



Figura 1.14 – Secador *spray dryer* centrífugo

Fonte: site de vendas do produto - SHRUI

Durante o processo de secagem, são retiradas amostras do produto para serem analisadas, verificando se estão dentro dos padrões desejados. Em caso afirmativo o produto é transportado para a peneira elétrica (Figura 1.15) que tem como função retirar os aglomerados do produto, permitindo que passem apenas a partícula do tamanho desejado (SCHEIBEL, 2018). Em seguida o material é enviado para um funil de distribuição que alimenta silos de armazenamento, aguardando para seguir para a etapa de embalagem, que é realizada com maquinário semelhante ao da Figura 1.16, em que o leite já sai embalado em sacos metalizados.



Figura 1.15 – Peneira elétrica para alimentos em pó

Fonte: site de vendas do produto – Heng Shun



Figura 1.16 – Embaladora de pó Tegfag

Fonte: site de vendas do produto – Tegfag

Há também o equipamento do sistema CIP (Clean in place). Esse equipamento é responsável pela higienização das tubulações e equipamentos através da circulação interna e em circuito fechado de substâncias detergentes e soluções de enxague. Todo o processo é controlado: velocidade, temperatura e fluxo de concentração química por um determinado tempo, validado como sendo suficiente para que o maquinário esteja livre de contaminantes (ASENSI, 2018). As soluções de limpeza são transportadas a partir do tanque de limpeza para as partes do equipamento que entraram em contato com o leite como tubulações, máquinas de envase, tanques, válvulas. Esse processo é muito importante pois ocorre sem que aja a desmontagem dos equipamentos. De 48 em 48 h deve-se realizar o CIP, para garantir que a limpeza esteja em dia (FUJIMORI,

2018). Esse sistema possui inúmeras vantagens como evitar erros humanos, colocar uma quantidade irregular do produto de limpeza ou não atender a temperatura exigida, além de evitar desperdícios e garantir maior durabilidade aos equipamentos já que esses não precisam ser desmontados no momento da limpeza.



Figura 1.17 – sistema de CIP móvel

Fonte: site de vendas do produto – Pronex

O maquinário descrito nesse capítulo e resumido no Quadro 3.1 (Capítulo 3), com exceção do *spray dryer*, é apenas sugestivo, tendo como intuito principal o conhecimento do processo e as dimensões aproximadas de cada aparelho para o estudo do layout que foi feito no Capítulo 3.

1.2.6 A Fazenda São Paulo

A Cooperativa de Produtores Caprinos e a Fazenda São Paulo, alvo desse estudo, estão localizadas no semiárido paraibano, no município de Prata, como verifica-se na Figura 1.19. De acordo com o IBGE, sua população em 2017 era apenas de 4 179 habitantes.

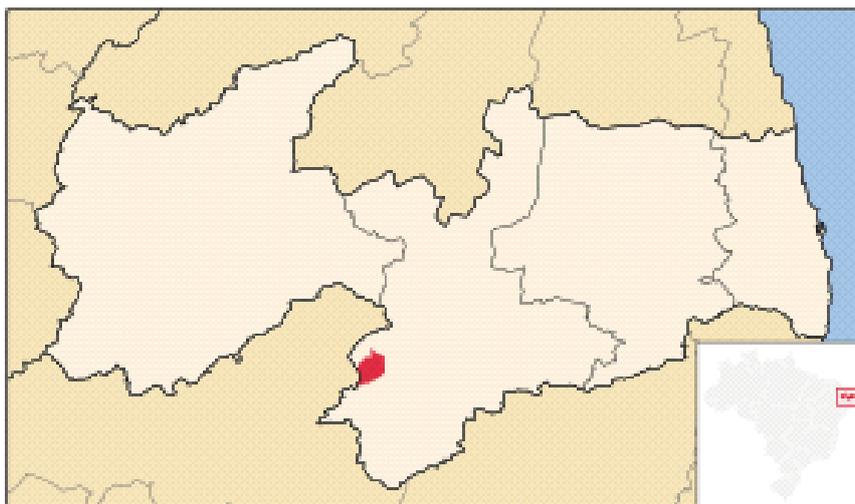


Figura 1.18 –Localização da cidade de prata na Paraíba.

Fonte: Internet

O semiárido brasileiro ocupa uma área de 969.589 km², incluindo grande parte de todos os estados da região Nordeste, se estendendo ao norte de Minas Gerais. A precipitação pluviométrica dessa região caracteriza-se pela baixa frequência de dias chuvosos gerando eventos de seca. Quando ocorrem, as chuvas são intensas e concentradas em poucos dias do ano, causando em alguns casos enchentes. As médias anuais de chuvas na região são inferiores a 800 mm. As temperaturas anuais são de 23 a 27°C e umidade relativa do ar em torno de 50% (CORREIA et al. 2011).

Os produtores caprinos da cooperativa e a fazenda alvo do estudo, possui uma área de 2 mil hectares, sendo 200 hectares de açude. A grande quantidade de água na região melhora as condições ideais para o plantio, favorecendo o seu desenvolvimento e a criação de animais. A fazenda é bastante produtiva, com vários tipos de cultivo e criações de animais (frutas, verduras, criação de vacas e cabras).

A criação de cabra no Nordeste vem se desenvolvendo bastante graças a grande capacidade de adaptação dos animais além das técnicas de manejos dos criadores (CARNEIRO, et al. 2017). A Fazenda São Paulo possui cabras de raça com alta capacidade leiteira, produzindo aproximadamente 4 mil L de leite por dia. As cabras são tipo *tricross* (*Saanen + Toggenburg + Alpina*) e o investimento na qualidade dos animais e o manejo adequado contribuem para o aumento da produtividade de leite.

1.2.7 Reologia

O estudo do comportamento reológico é de grande valia na indústria alimentícia, pois ajuda a compreender melhor a organização estrutural dos alimentos e conseqüentemente, contribui na otimização do processo produtivo, influenciando diretamente o dimensionamento de bombas e tubulações adequadas para cada tipo de produto, evitando erros no desenvolvimento de produtos e dos processos produtivos (SPACKI et al., 2020). Além disso, o conhecimento das propriedades reológicas e compreensão do comportamento reológico dos alimentos são fundamentais para a geração de novos produtos.

A palavra reologia, vem do grego, *rheos*, que significa fluir e logos que é estudo ou ciência. Eugene Cook Bingham definiu esse termo em 1929 com a intenção de descrever a ciência que estuda a deformação e o fluxo da matéria. Inicialmente, ele começou a estudar propriedades e comportamentos de produtos de grande importância na atualidade como asfalto, lubrificantes, plásticos, borrachas, tintas, detergentes, entre outros. (SILVA et al., 2019). Corroborando com a definição de Bingham, Soares (2019) concluiu que a reologia significa o estudo do escoamento ou deformação de um material quando exposto a uma tensão.

De acordo com os estudos reológicos, existem dois materiais ideais: o sólido elástico e o líquido viscoso. Os sólidos ideais se deformam elasticamente e a energia requerida para tal deformação é recuperada posteriormente, quando a tensão é removida e o sólido retoma o seu formato original. Com os fluidos, no entanto essa deformação não é reversível, dissipando a energia empregada, sob a forma de calor, não sendo recuperada com a retirada da tensão (JÚNIOR OLIVEIRA & CISESKI, 2019).

Para estudar o comportamento reológico de uma amostra, faz-se necessário aplicar-lhe uma força com o intuito de medir sua deformação ou ainda, aplicar uma deformação e medir sua resistência ao escoamento, com o intuito de quantificar as relações funcionais entre a deformação, tensões e propriedades reológicas resultantes como viscosidade, elasticidade ou viscoelasticidade. No estudo da reologia dos líquidos, o atributo mais importante é a viscosidade, já que tal propriedade física dos fluidos caracteriza a resistência do líquido ao escoamento (FEITOSA et al., 2018). No geral, pode-se dizer que existem três tipos de viscosidade. A viscosidade dinâmica ou absoluta, é a propriedade de fluxo que oferece resistência as tensões de cisalhamento, sendo bastante usada em fluidos newtonianos para fins práticos. O segundo tipo é a viscosidade aparente, definida como a razão entre a tensão de cisalhamento e a taxa de

deformação para fluidos não lineares, ou seja, os não newtonianos. E por fim a viscosidade cinemática que é a razão entre a viscosidade dinâmica e a densidade dos fluidos (GOMÉZ, 2019).

No estudo reológico é necessário estabelecer a relação quantitativa entre deformação e tensão ao longo do tempo, do material estudado, assim como as relações do comportamento reológico de um material e sua estrutura de composição e condições ambientais como temperatura e pressão (MENEZES, 2018). O fluido, quando submetido a forças externa, se deforma em maior ou menor proporção. As forças que atuam nesses fluidos são representadas matematicamente por cisalhamento ou tensão de cisalhamento (t) e a resposta dinâmica do fluido é quantificada pela velocidade ou taxa de deformação ou cisalhamento (y) (SILVA, 2019).

O alimento, durante seu processo, pode ter grandes diferenças comportamentais. A consistência e a composição do mesmo podem ser alteradas devido às etapas de mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração, entre outras, ocorrendo também a modificação da viscosidade, que é uma propriedade do fluido que não pode ser medida diretamente. A força, o torque e a rotação que o fluido está submetido é que fornecem a viscosidade. Com o leite e com os produtos lácteos também ocorre variações no comportamento reológico que vai depender da composição, microestrutura e condições de processamento. Em alguns casos o leite tem um comportamento newtoniano, porém o mesmo leite concentrado, já apresenta um comportamento pseudoplástico. Já a manteiga e o leite condensado tem comportamento viscoelástico, enquanto que o iogurte e sorvete apresentam comportamento tixotrópico (que depende do tempo) (SILVA, 2014).

1.2.7.1 Classificação reológica dos fluidos

A reologia dos fluidos é classificada em dois grupos: newtoniano e não-newtoniano, como verificado na Figura 1.19, a classificação reológica dos fluidos, de acordo com Costa (2017).

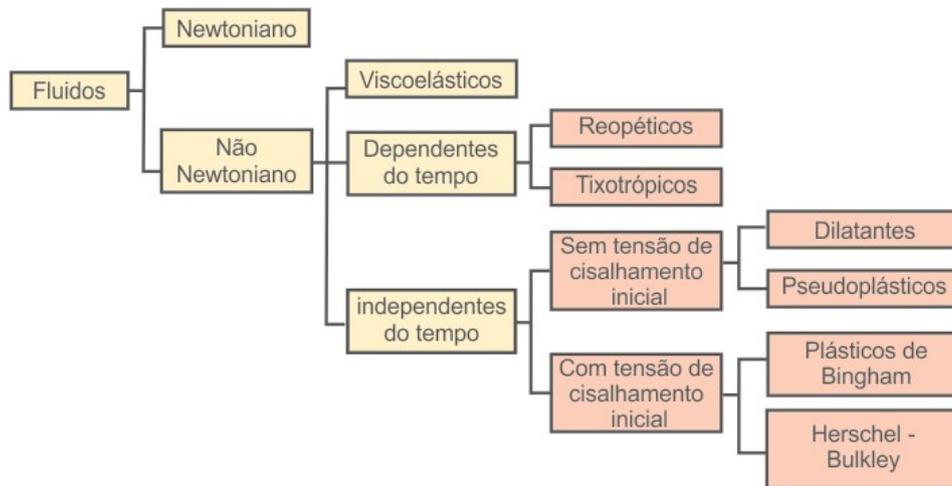


Figura 1.19 – Classificação reológica dos fluidos

Fonte: Adaptado de COSTA (2017)

1.2.7.1.1 Newtonianos

Os newtonianos são aqueles que apresentam uma relação linear entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação em que a constante de proporcionalidade é a viscosidade dinâmica (μ) do fluido, que dependerá apenas da temperatura, pressão e composição do líquido (SILVA, 2019). Por se tratar de uma propriedade termodinâmica, a viscosidade independe da taxa de deformação ou da tensão de cisalhamento, as quais o fluido está submetido, ou seja, a viscosidade é sempre a mesma, sob qualquer taxa de deformação a uma temperatura fixa, seguindo a lei de Newton em que a tensão de cisalhamento é diretamente proporcional a taxa de deformação para determinada condição de temperatura e pressão.

Os reogramas, que são gráficos que relacionam a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação, para os fluidos Newtonianos, são retas de angulação μ e início na origem (SCHUCK, 2018). A lei básica da viscosidade, lei de Newton (fluidos Newtonianos), descreve o comportamento de um fluido ideal, reproduzindo o comportamento mais simples de um fluido em que há uma relação linear entre a taxa e a tensão de cisalhamento com viscosidade constante (SOARES, 2019). A seguir a equação que ilustra essa relação dos fluidos.

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad (\text{eq. 1.1})$$

em que: τ é a tensão de cisalhamento (Pa), η viscosidade (Pa.s) e $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento (S^{-1}). A equação geratriz dessa reta é: $\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}$, em que a viscosidade é constante e é dada pelo declive, como verifica-se na Figura 1.2.

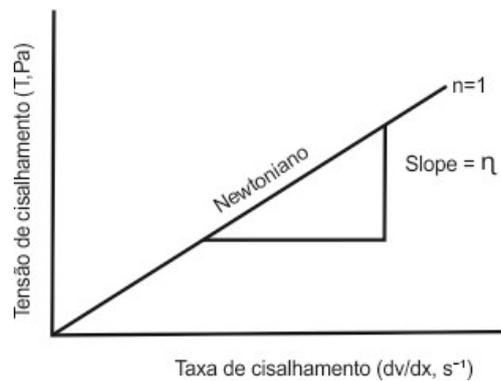


Figura 1.20 – Curva de fluxo de fluidos Newtonianos

Fonte: Adaptado de Schuck (2018)

Fluidos como a água, soluções de sacarose, melão, óleo mineral são newtonianos, já que sua viscosidade é constante, e seguem a Lei de Newton. Esta classe abrange todos os gases e líquidos não poliméricos e homogêneos (SILVA et al., 2019).

O parâmetro que representa a resistência de um material ao escoamento é a viscosidade. Isaac Newton define da seguinte maneira “ *a resistência que aparece devido à falta de deslizamento das partes de um líquido, sendo as outras coisas iguais, é proporcional à velocidade com que as partes do líquido são separadas uma das outras*”. A falta de deslizamento mencionada no texto é o que chamamos hoje de viscosidade. Dessa forma, os fluidos que seguem essa lei, são os Newtonianos (MORENO, 2018).

1.2.7.1.2 Não newtonianos

Os fluidos não newtonianos são todos aqueles que não apresentam o comportamento de um fluido newtoniano. Outra característica importante é que a viscosidade varia com a taxa de cisalhamento, exibindo a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação de modo angular, não linear, dependente do valor de tensão de cisalhamento e do tempo de aplicação da mesma. O fluido não newtoniano apresenta um fluxo uniforme, em que a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação e também a viscosidade não são constantes. Tem-se como exemplo desses fluidos o ketchup, maionese, fluidos poliméricos, entre outros (SCHNEIDER, 2019). Eles ainda podem ser classificados como viscoelásticos, dependentes e independentes do tempo, de maneira que os independentes não são afetados pelo histórico anterior de cisalhamento, caracterizando-se por fluidos pseudoplásticos. Os

alimentos, por terem composição e estruturas complexas, podem apresentar mais de um tipo de comportamento reológico, dependendo da origem, concentrações e modificações ocorridas.

Pode-se caracterizar os fluidos por curvas de fluxos que são adquiridas pela relação entre tensão de cisalhamento (τ) e taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$). Existem vários modelos matemáticos que foram desenvolvidos para estudar as relações dos fluidos que são independentes do tempo.

Observa-se na Figura 1.21, o comportamento reológico dos vários tipos de fluidos independentes do tempo.

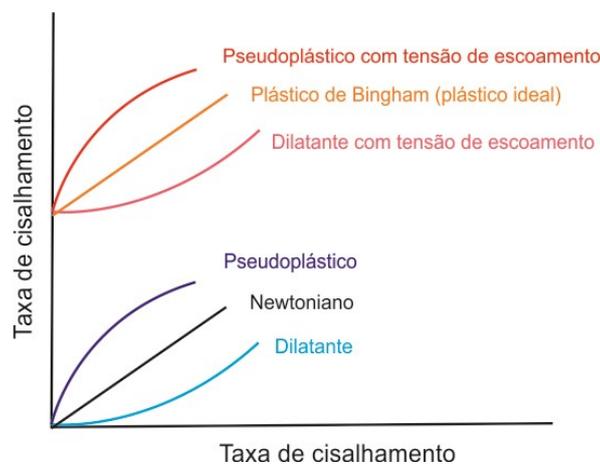


Figura 1.21 – Diagrama com exemplos de comportamentos reológicos

Fonte: Adaptado de MOREIRA (2016)

Parâmetros reológico nos fluidos não newtonianos:

De acordo com Gómez (2019), pode-se definir três parâmetros reológicos para fluidos não newtonianos:

Tensão de escoamento (τ_0) que é a tensão mínima de cisalhamento necessária para deformação do fluido. Representa o valor da tensão de cisalhamento para uma taxa de deformação igual a zero. Seu valor é maior em produtos com maior quantidade de sólidos e diminui com o aumento do teor de água ou dispersantes.

Índice de comportamento de fluxo (n) é o desvio do comportamento reológico do fluido em relação aos fluidos não newtonianos, isto é, quanto maior o valor de n , mais características não newtonianas o fluido terá.

Índice de consistência (k), esse valor de k , dependerá da natureza do fluido, ou seja, é uma medida indireta da viscosidade, mas suas unidades dependem de n . Quanto maior for o valor de k , mais espesso ou viscoso é o fluido.

1.2.7.2 Modelos reológicos

Para apresentar o comportamento reológico de algum produto, são usados dados experimentais em modelos matemáticos que relacionam a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação (PEREIRA, 2019). Os modelos reológicos descrevem de forma conveniente um reograma ajustado ao fluido em estudo.

De acordo com Moreno (2018), tais modelos são designados por uma expressão matemática que descreve o comportamento reológico dos fluidos, relacionando grandezas como tensão de cisalhamento, viscosidade e taxa de cisalhamento, podendo relacionar ainda com grandezas práticas como a concentração, temperatura, pH, entre outros. Através do modelo reológico, é possível prever o escoamento do fluido e controlar as tensões. Vários modelos já foram propostos, contudo destaca-se os mais utilizados, aqueles que obtiveram maior sucesso em análises empíricas, e são mais utilizados em alimentos. São eles:

Modelo de Bingham

O modelo de Bingham, um dos mais conhecidos, caracteriza-se pela existência de uma tensão de cisalhamento mínima, chamada de tensão de escoamento, para que o material comece a escoar. Bingham acreditou que depois de ocorrer uma tensão de cedência ou de escoamento, τ_0 , a tensão de cisalhamento irá variar linearmente com a taxa de cisalhamento com uma viscosidade plástica, μ_p constante. Na equação abaixo é verificada essa relação.

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \dot{\gamma} \quad (\text{eq. 1.2})$$

Se a tensão de cisalhamento for menor que a tensão de escoamento ($\tau < \tau_0$), o escoamento não acontecerá e a viscosidade do material tenderá a infinito. Este modelo apresenta uma descontinuidade no campo de deformação para valores de tensão iguais a τ_0 (MATA et al., 2017).

Os chamados plásticos de Bingham são aqueles fluidos com desempenho condizente com esse modelo. Se comportam como sólidos para baixas tensões de corte e como fluidos newtonianos para tensões de corte superior ao valor da tensão de escoamento (MORENO, 2018).

Esse modelo se aplica a fluidos que possuam esforço inicial mínimo. Na Figura abaixo, verifica-se graficamente o comportamento reológico de um fluido, de acordo com Bingham.

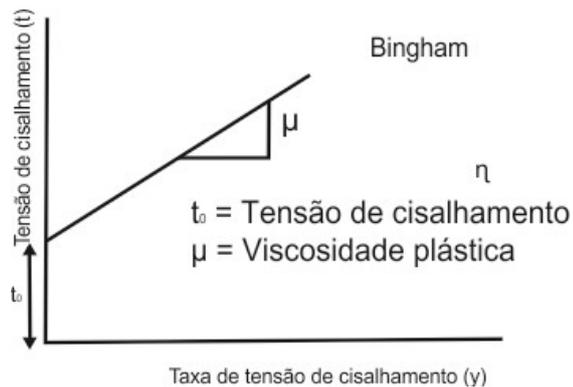


Figura 1.22 – Curva de fluxo seguindo o modelo de Bingham

Fonte: Adaptado de MORENO (2018)

Modelo de Herschel-Bulkley

Este modelo é considerado como uma evolução do modelo de Bingham. O que será diferenciado aparece em valores superiores a tensão de cedência, já que o mesmo faz diferença entre os pseudoplásticos e os dilatantes. Assim, nesse modelo é inserido o índice de comportamento “n”. Logo, $n > 1$, representa um comportamento de um plástico dilatante e $n < 1$ representa os pseudoplásticos. No lugar da viscosidade plástica de Bingham, μ_p , tem-se o índice de consistência, k. Os dois índices vão depender do fluido que estiver sendo estudado.

Gomez (2019) exibiu a Equação 1.3 como uma forma de expressar matematicamente o modelo de Herschel-Bulkley:

$$\tau = \tau_o + k \cdot \dot{\gamma}^n \tag{eq. 1.3}$$

Para o caso particular em que $n=1$, temos $K = \mu_p$, logo, este modelo é equivalente ao de Bingham. A Figura 1.23 representa graficamente o modelo de Herschel- Bulkley.

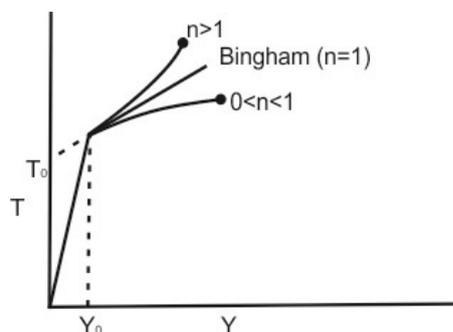


Figura 1.23 – Curva de fluxo seguindo o modelo de Herschel-Bulkley

Fonte: Adaptado de MORENO (2018)

Modelo Ostwald-Waele (Lei da Potência)

Outro modelo bastante empregado nas representações de fluidos pseudopásticos é o modelo de Ostwald – de - Waele, também chamado de lei da potência. É amplamente utilizado para sucos de frutas, já que descreve o comportamento reológico desses produtos com eficiência. Por possuir apenas 2 parâmetros, k - índice de consistência e o n - índice de comportamento de fluxo, é muito utilizado na caracterização de fluidos alimentícios, sendo também bastante aproveitado em estudos de manipulação, aquecimento e resfriamento de alimentos no geral (SANTOS, 2013). Sua grande aplicação se deve a sua simplicidade e por representar comportamento de diferentes tipos de fluidos, como gêneros alimentícios, cosméticos e polímero fundido (MENEZES, 2018). Observa-se na Equação 1.4 a Lei da potência.

$$\sigma = K \dot{\gamma}^n \quad (\text{eq. 1.4})$$

Quando o $n = 1$, a equação reduz a lei da viscosidade de newton com $K = \mu$. Para $n < 1$, o comportamento é pseudoplástico e se $n > 1$ é dilatante.

A Figura 1.24 mostra um exemplo gráfico da utilização da lei da potência.

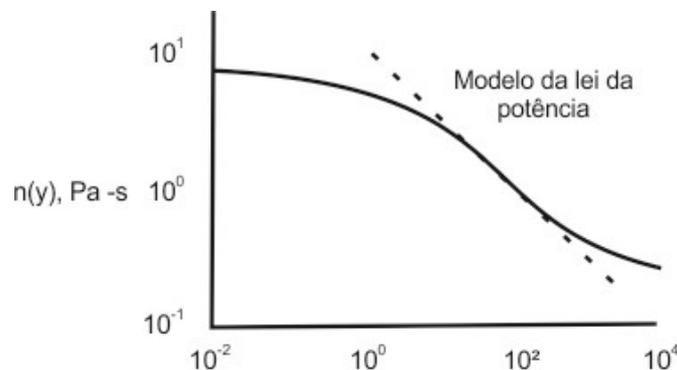


Figura 1.24 – Curva de fluxo seguindo o modelo de Ostwald - Waele

Fonte: Adaptado de MENEZES (2018)

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

Boa parte do conteúdo deste capítulo, teve uma metodologia exploratória, baseando-se em pesquisas e descrições, como foi o caso da produção do leite em pó. Já as análises reológicas, foram realizadas no laboratório de Engenharia de alimentos (LEA), da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande no campus de Campina Grande.

1.3.1 Matéria – prima e o preparo das amostras

Para o experimento reológico foi utilizado o leite em pó de cabra da marca Caprys, adquiridos em supermercados da região. O produto em pó foi reconstituído em 5 concentrações distintas (20, 25, 30, 35 e 40%), sendo produzidas amostras de 500 ml para cada concentração. Para que a reconstituição do produto ocorresse de maneira satisfatória, o pó foi inicialmente misturado em uma pequena quantidade de água e posteriormente adicionado o restante da água. Essa mistura foi constantemente agitada até que todo o produto fosse diluído e ficasse homogêneo.

1.3.2 Ensaio reológicos

O equipamento utilizado para a obtenção dos dados foi um viscosímetro Brookfield, modelo DV-II +Pro. O experimento foi realizado em triplicata, em temperatura ambiente, com o Spindle nº2, o qual se adequou melhor a amostra, visto que os valores de torque situaram-se acima de 15%.

Na análise reológica, a amostra foi depositada em um recipiente cilíndrico, concêntricamente ao spindle (haste metálica responsável por girar com velocidade constante) que é imerso na amostra. Utilizou-se o sistema Searle, em que só o cilindro interno (spindle) sofre rotação e o externo fica em repouso (FELIPPE et al., 2016). A velocidade de rotação do spindle iniciou em 50 rpm até 200 rpm, posteriormente a velocidade foi decrescida de 200 até os 50 rpm iniciais, sendo coletado um total de 29 pontos (ascendente e descendente). Depois de definido a velocidade de rotação do aparelho, obteve-se os seguintes dados: torque, viscosidade aparente e a temperatura. Entre uma leitura e outra, ou seja, quando o aparelho muda de velocidade a amostra repousou cerca de 20 s, que é o recomendado para considerar o resultado gerado, já que antes desse tempo, pode ocorrer oscilações consideráveis. Esse tipo de viscosímetro mantém uma velocidade de rotação constante a uma determinada taxa de cisalhamento e a tensão de cisalhamento é obtida através da medida do torque no cilindro. O equipamento causa um cisalhamento no fluido, localizado entre dois cilindros

concêntricos, sendo que apenas 1 gira. A realização do experimento ocorreu em temperatura ambiente e notou-se que ela pouco oscilou entre as leituras. Os dados coletados pelo equipamento (viscosidade aparente e torque, serviram de base para a obtenção das medidas reológicas (tensão de cisalhamento e taxa de deformação) guiado pela metodologia de Mitschka, 1982.

1.3.3 Análise dos dados

O programa computacional escolhido para implantação dos dados gerados foi o *Microsoft Excel* para a aplicação do método de Mitschka. Posteriormente a esse tratamento, os valores de viscosidade, taxa de deformação e tensão de cisalhamento foram modelados no Statistica 12, aplicando análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, responsável pela obtenção das curvas de fluxo e viscosidade que foram obtidos pelas determinações da tensão e da viscosidade em função da taxa de cisalhamento respectivamente. Os resultados foram ajustados aos modelos matemáticos de Bingham, Ostwald-Waele (Lei da Potência) e Herschel-Buckley, tanto para a curva de fluxo, como para a de viscosidade, descritos respectivamente nas equações abaixo:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \dot{\gamma} \quad (\text{eq. 1.5})$$

$$\sigma = K \dot{\gamma}^n \quad (\text{eq. 1.6})$$

$$\tau = \tau_0 + K (\dot{\gamma})^n \quad (\text{eq. 1.7})$$

em que σ – viscosidade (Pa.s); K – índice de consistência (Pa.sⁿ); n - índice de comportamento (adimensional); τ – tensão de cisalhamento (Pa); $\dot{\gamma}$ – taxa de deformação (s⁻¹); μ_p – viscosidade plástica; τ_0 – limite de escoamento.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 1.2 os parâmetros reológicos dos modelos de Bingham, Ostwald-Waele e Herschel-Buckley, os quais os dados experimentais da viscosidade aparente em função da taxa de deformação do leite de cabra em 5 concentrações distintas, foram ajustadas e também os coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 1.2 – Parâmetros reológicos dos modelos matemáticos ajustados aos dados do Leite de Cabra em diferentes concentrações

Concentração	Bingham					Ostwald-waele				Herschel-Bulkley				
	τ_0	KB	R ²	R ² ajust.	r ² ajustdo	Kow	n	R ²	R ² ajustdo	τ_0	Khb	n	R ²	R ² ajusto
20%	20.1	0,220	0,038	99,91	99,89	0,011	1,295	99,79	99,755	0,154	0,027	1,086	99,930	99,911
	20.2	0,265	0,039	99,14	98,99	0,008	1,383	99,92	99,907	0,073	0,004	1,525	99,990	99,987
	20.3	0,295	0,041	99,04	98,88	0,007	1,432	99,94	99,930	0,061	0,004	1,554	99,990	99,987
25%	25.1	0,324	0,035	99,30	99,18	0,005	1,443	99,98	99,977	0,014	0,005	1,469	99,990	99,987
	25.2	0,334	0,045	99,34	99,23	0,007	1,456	99,99	99,988	0,001	0,007	1,454	99,990	99,987
	25.3	0,341	0,046	99,35	99,24	0,007	1,466	99,99	99,988	0,005	0,007	1,456	99,990	99,987
30%	30.1	0,254	0,046	99,31	99,19	0,014	1,289	99,61	99,545	0,024	0,012	1,322	99,610	99,504
	30.2	0,383	0,051	99,30	99,18	0,008	1,466	99,99	99,988	0,002	0,008	1,470	99,990	99,987
	30.3	0,392	0,052	99,36	99,25	0,008	1,472	99,99	99,988	0,013	0,008	1,452	99,990	99,987
35%	35.1	0,447	0,060	99,27	99,14	0,009	1,469	99,99	99,988	0,010	0,008	1,482	99,990	99,987
	35.2	0,446	0,060	99,35	99,24	0,009	1,463	99,99	99,988	0,005	0,009	1,456	99,990	99,987
	35.3	0,447	0,060	99,37	99,26	0,009	1,462	99,99	99,988	0,012	0,010	1,445	99,990	99,987
40%	40.1	0,445	0,066	99,41	99,31	0,013	1,393	99,98	99,977	0,035	0,011	1,433	99,990	99,987
	40.2	0,517	0,070	99,43	99,33	0,011	1,458	99,99	99,988	0,029	0,012	1,424	99,990	99,987
	40.3	0,512	0,070	99,44	99,34	0,011	1,452	99,99	99,988	0,028	0,012	1,420	99,990	99,987

Analisando separadamente cada modelo temos:

Modelo de Bingham

O Modelo de Bingham pode ser utilizado para modelar os dados reológicos desse produto, por apresentar R^2 e R^2 ajustado elevado, acima de 99%, para todas as concentrações, apresentando diferença irrisória entre elas. Esse valor elevado do R^2 aponta que os modelos testados possuem bons ajustes aos dados experimentais, indicando que podem ser utilizados para estimar os dados reológicos das concentrações do leite de cabra. Bezerra (2010) em seu trabalho com iogurte obtido pela mistura de leite caprino e bubalino, quando o utilizou o modelo de Bingham, apresentou resultados satisfatórios para a maior parte dos tipos de iogurte, com R^2 acima de 90. Porém um dos tipos, apresentou R^2 baixo 0,58%, não se mostrando ideal para o trabalho com iogurte.

Analisando a tensão inicial (τ_0), percebe-se que houve um aumento desse parâmetro, a medida que crescia a concentração do produto, ou seja o comportamento entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação foi de forma linear, o que já é esperado, visto que tal modelo é uma equação também linear. A tensão inicial variou entre 0,220 (concentração de 20%) e 0,517 Pa (concentração de 40%), o que indica que uma maior quantidade de sólidos aumenta a tensão inicial de cisalhamento, podendo estar relacionado a uma maior densidade de ligações secundárias entre os componentes do leite que aumenta proporcionalmente a concentrações de sólidos. Resumidamente pode-se concluir que o produto com maior concentração de sólidos aumenta a inercia para o escoamento do fluido.

Observando o índice de consistência (k), que indica o grau de resistência do fluido diante do escoamento, percebeu-se que em todos os modelos, foi detectado um acréscimo ao aumentar a concentração do produto, no entanto apresentou valores baixos o que nos mostra que se trata de um líquido de baixa consistência. Vidal Martins et al. (2005), em seus estudos de leite UAT/UHT1, observaram que o índice de consistência (K) também aumentou, porém, tinha como parâmetro principal o tempo e não a concentração como é o caso do presente trabalho.

Modelo de Ostwald–de–Waele

O modelo de Ostwald–de–Waele busca mostrar o comportamento do fluido quando for aplicado uma força a um determinado fluxo. O coeficiente de determinação também apresentou valores elevados, o que ofereceu uma adequação ideal aos dados, $R^2 > 99\%$, assim como o R^2 ajustado superior a 99%, indicando também um ajuste

perfeito como falado anteriormente. Os valores do R^2 do estudo de Sérgio (2016), que trabalhou com leite de cabra fermentado adicionado ou não com inulina também foi bastante elevado, todos acima de 99%, utilizando o modelo da lei da potência, mostrando que esse modelo de ajuste foi adequado, conseguindo descrever o comportamento reológico do leite fermentado (controle e probiótico).

O índice de fluxo (n) apresentou pouca variação entre as concentrações, variando entre 1.295 e 1.469, porém sempre superior a 1. Por ser $n > 1$, o fluido é considerado dilatante. É percebido que com o aumento da concentração há um distanciamento dos valores de n da unidade, desviando do ideal.

Modelos de Herschel Bulkley

O modelo de Herschel-bulkley possui três parâmetros reológico. O coeficiente de determinação, assim como nos outros modelos, apresentou valores elevados, o que adequa o modelo em questão aos dados experimentais. Tanto o R^2 como o R^2 ajustado foi superior a 99%, em todas as concentrações. Percebeu-se que esse fluido precisa de uma tensão inicial para começar a escoar, porém a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação não é linear. Tal relação depende do expoente adimensional n , característico para cada fluido. O índice de comportamento (n) também foi superior a 1, em todas as concentrações indicando ser um fluido dilatante. Os valores de tensão inicial variaram, entre 1.086 (concentração de 20%) a 1.482 mPa (40% de concentração). Esse resultado é um indicativo que quanto maior o teor de sólido, ou seja, a concentração do leite, maior a tensão inicial de cisalhamento. De acordo com FARAONI et al. (2013), quanto menor for o índice n , maior é a pseudoplasticidade do produto. Silva (2017), em seu trabalho com leite caprino fermentado, e em algumas amostras adicionadas inhame, percebeu que o valor de n foi mais baixo nas amostras que não tinha o inhame, se tornando mais pseudoplástico. Os valores encontrados por ele foi de 0,42 e 0,66 para as formulações de leite caprino fermentado e de 0,69 e 0,78 para aqueles que foram acrescido de inhame. Percebe-se que esses valores foram todos mais baixos que os conseguidos neste trabalho, o qual analisou diferentes concentrações do leite caprino. No estudo de Sérgio (2016) os valores de n foram sempre inferiores a 1, o que confirma o comportamento não – newtoniano.

Notou-se que o limite de escoamento calculado pelo modelo de Herschel-bulkley representou bem os valores experimentais. O índice de consistência foi elevado com o aumento da concentração do produto exibindo valores de viscosidade maiores para dispersões preparadas com maiores concentrações. O valor de K (índice de consistência) apresentou resultados muito baixos, significando que o fluido assume

baixa resistência ao fluxo. Por apresentar índice de comportamento maiores que 1, os fluidos, em todas as concentrações também é considerado como dilatante.

A tensão inicial (τ_0) nesse modelo, não teve um comportamento linear de acréscimo ou decréscimo de acordo com a concentração. Contudo, os valores observados foram muito baixos.

Nas Figuras 1.25 e 1.26 verifica-se as curvas de tensão de cisalhamento e viscosidade aparente em função da taxa de deformação, para 5 concentrações distintas do leite de cabra (20, 25, 30, 35 e 40%). Nas duas curvas, os dados foram obtidos em triplicata, ou seja, os pontos no gráfico representam as médias calculadas.

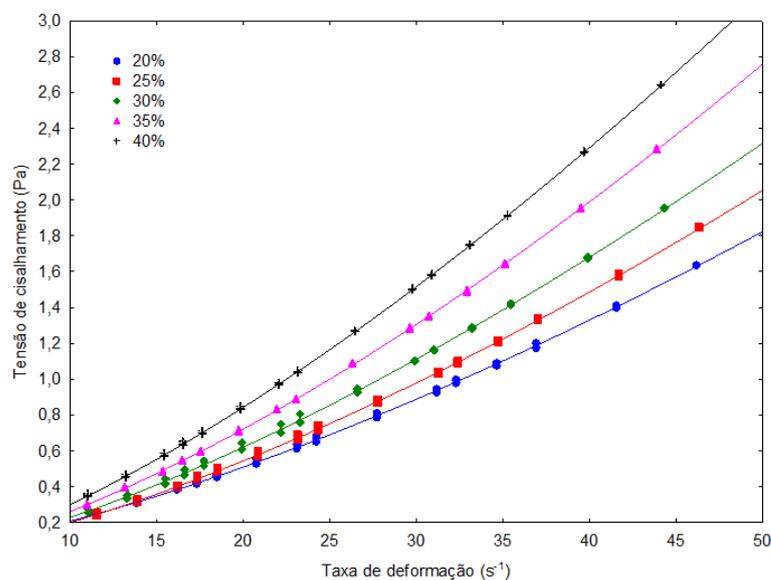


Figura 1.25 – Gráfico da relação entre Tensão de cisalhamento (Pa) e a Taxa de deformação (s⁻¹) para as concentrações de 20, 25, 30, 35 e 40%.

Fonte: próprio autor

A curva de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação, também conhecida como curvas de escoamento ou reogramas, mostra que a tensão de cisalhamento, em todas as concentrações, aumenta quando a taxa de deformação também aumenta. Esse aumento ocorre principalmente na amostra de maior concentração de leite (40%), justamente por ser mais viscoso que os demais, já a amostra de 20% é a que possui menor aumento da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação, obtendo valor máximo em 1,4 Pa, enquanto a amostra de 40% chega a aproximadamente 2,7Pa de tensão de cisalhamento a uma taxa de deformação praticamente igual entre as duas amostras (47 s⁻¹). Esse comportamento é indicativo de um fluido não newtoniano.

Sérgio (2016) em seu estudo de leite de cabra fermentado, observou que algumas amostras adicionadas de insulina (prebiótico) a tensão de cisalhamento crescia com o aumento da taxa de deformação, porém em um nível bem menos acelerado, um crescimento mais discreto, do que o leite sem adição de insulina (controle).

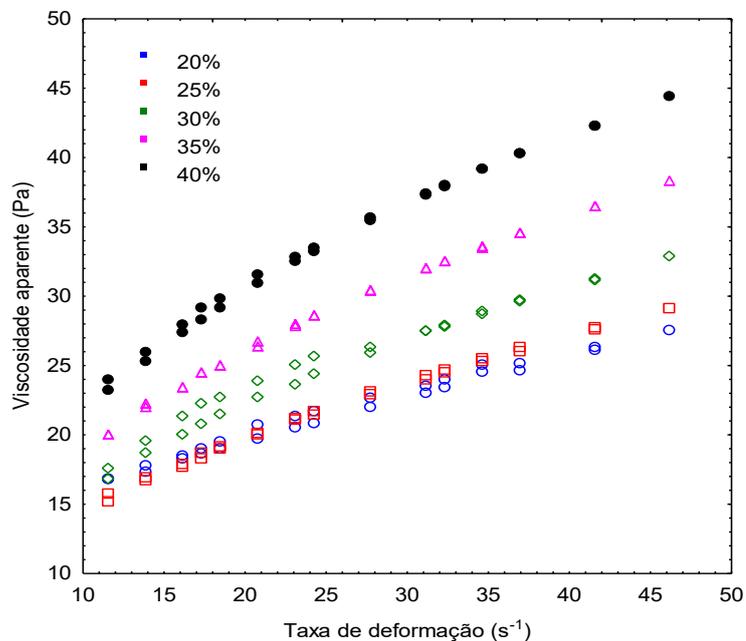


Figura 1.26 – Gráfico da relação entre Viscosidade aparente (Pa) e a Taxa de deformação (s⁻¹) para as concentrações de 20, 25, 30, 35 e 40%.

Fonte: próprio autor

As curvas da viscosidade aparente mostram que a viscosidade é notoriamente maior na amostra de maior concentração (40%) e cresce à medida que a taxa de deformação é aumentada, chegando a 45 Pa. Como já era esperado, a curva que obteve a menor viscosidade aparente foi a de 20%, com 25 Pa. Porém, no início, a mesma, começou com valor maior do que a da amostra de 25%, apresentando uma queda em sua viscosidade ao atingir 20 s⁻¹ de taxa de deformação, comportando-se como o esperado. A curva da amostra de concentração de 30%, apresentou uma leve histerese, em um curto espaço de tempo, nada muito relevante.

Silva (2017) e Sérgio (2016) obtiveram resultado diferentes ao encontrado neste trabalho. Ambos notaram que a viscosidade aparente das amostras diminuiu com o aumento da taxa de deformação, indicando o comportamento de um fluido não-newtoniano.

1.4 CONCLUSÕES

Foi verificado que em todas as concentrações do leite as tensões de cisalhamento são baixas, o que já é típico desse produto, e aumentam, quando a taxa de deformação também aumenta. Isso ocorre principalmente na concentração de 40%, a mais alta e conseqüentemente mais viscoso. Esse comportamento é típico de um fluido não newtoniano. Uma concentração superior, necessita de maior tensão para iniciar o escoamento do fluido, já que a tensão inicial de cisalhamento é em função da concentração.

A viscosidade também é maior na concentração de 40% e cresce à medida que a taxa de deformação aumenta.

O aumento da concentração do leite leva a um desvio de idealidade, variando de newtoniano para não newtoniano com comportamento dilatante. O leite mais concentrado, causará maiores problemas no escoamento e bombeamento do fluido, já que será necessária maior energia para realizar o seu deslocamento.

Verificou-se que todos os modelos de ajustes, aqui apresentados, podem ser utilizados para o produto em questão, contudo, o modelo de Ostwald-waele, obteve resultados mais satisfatório.

1.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. S. **Composição físico-química e contagem de células somáticas em leite de cabras no município de Gurjão/PB**. 2018. 35 p. Ciências Biológicas. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

ASENSI, M. J. C. **CIP – Cleaning in Place**. 2018. 30 p. Universidade Tecnológica Nacional. Faculdade Regional de La Plata, La Plata, 2018.

BALKE, M.; KILIAN, J.; STEFFESNS, C.; SOARES, M. B. A.; STEFFESNS, J. Avaliação do Processo de Obtenção de Leite em Pó Pelo Processo de Secagem em *Spray Dryer*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20, **Anais...COBEQ**, Florianópolis, 2014.

BARBOSA, C. M. D.; RODRIGUES, C. V.; PETTENON, D. A.; QUEIROZ, T. M. de. Automação de um processo alternativo da pasteurização do leite utilizando ação de controle on-off. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 41-52, 2018.

BEZERRA, M. F. ; CORREIA, R. T. P. Análise descritiva quantitativa e aceitação sensorial de iogurte obtido pela mistura de leite caprino e bubalino. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 140-147, 2012.

CAMPOS, M. M. **Análise da escoabilidade de pós**. Dissertação. Engenharia Química, 129p. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2012.

CARNEIRO, W. P.; RAMOS, J. P. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; CARVALHO, J. E. C.; MOURA, J. F. P. Avaliação produtiva e reprodutiva de caprinos leiteiros no Semiárido paraibano. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 18, n. 1, p. 18-25, 2017.

CARVALHO, G. R. **O Comércio Internacional de lácteos: O comércio Internacional de Leite em Pó**. 2 ed. Juiz de Fora. 53p. Embrapa Gado de Leite, 2009.

CHEN, H.; ZHANG, Y.; ZHONG, Q. Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein-casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. **Journal of Food Engineering**, v. 144, p. 93-102, 2015.

CLAEYS, W. L.; VERRAES, C.; CARDOEN, S.; BLOCK, J. de; HUYGHEBAERT, A.; RAES, K.; DEWETTINCK, K.; HERMAN, L. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. **Food Control**, v. 42, p. 188-201, 2014.

COELHO, K. O.; BRANDÃO, L. M.; BUENO, C. P.; SILVEIRA NETO, O. J. Níveis de células somáticas sobre o perfil físico-químico do leite em pó integral. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 4, p. 534-539, 2016.

COELHO, M. C. S. C.; RODRIGUES, B. R.; COELHO, M. I.; LIBÓRIO, R. C, S.; COSTA, F. F. P. da; SILVA, G. L. da. Caracterização físico-química e microbiológica do leite de cabra produzido em Petrolina-PE. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 3, p. 175-182, 2018.

CORDEIRO, P. R. C.; CORDEIRO, A. G. P. C. A produção de leite de cabra no Brasil e seu mercado. In: Encontro de Caprinocultores do sul de Minas e Media Mogiana, 10, **Anais... Espírito Santo do Pinhal**, 2009.

CORREIA, J. P. S.; RIBEIRO, G.; CORRÊA, P. L.; BORGES, U. de C.; PRUDÊNCIO, R. A. N. Aplicação da produção enxuta para uma proposta de melhoria no layout do setor de preparação de kits em uma empresa do ramo aeronáutico. **Produção em Foco**, v. 8, n. 2., p.1-14, 2018.

COSTA, C. M. **Caracterização reológica de fluidos complexos**. Rio de Janeiro. Relatório PIBIC. PUCRJ, 2017. 18p.

CRUZ, G. R. B.; BARROS, J. R. L. de; SANTOS, D. G. dos; LIMA, A. M. de; SILVA, A. C. R. da. Aspectos sanitários na produção de caprinos e ovinos de produtores familiares no semiárido paraibano. **Revista Conexão UEPG**, v. 15, n. 2, p. 129-134, 2019.

DUARTE, L. P. B.; OCCULATI, R. M.; MANFRÉ, E. R. Comercialização de leite e derivados de leite de cabra no Brasil. In: Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, 11. **Anais...Sintagro**, Ourinhos, v.11, n. 1, 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária **Sistema APPCC**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_173_24112005115229.html. Acesso em: 30/11/2018.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B; PINTO, M. R. M. R. Propriedades reológicas de sucos mistos de manga, goiaba e acerola adicionados de fitoquímicos. **Brazilian Journal of. Food Technology**, v. 16, n. 1, p. 21-28, 2013.

FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; OLIVEIRA, E. N. A. de. Comportamento reológico da polpa de murta com maltodextrina. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 5, p. 391-398, 2018.

FELIPPE, C. D. S.; CRUZ, B. S.; MACEDO, B. A. B. Reologia de fluidos alimentícios. In: XVI Congresso Nacional de Iniciação Científica, 16, **Anais...CONIC**, São Paulo, 2016. P. 1-10p.

FELISBERTO, N. D. O.; OLIVEIRA, L.; CORDEIRO, A. Sistemas de produção de caprinos leiteiros. In: Embrapa Caprinos e Ovinos. In: Workshop sobre Produção de Caprinos na Região da Mata Atlântica , 13., 2016, Coronel Pacheco. **Anais... Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos; Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite**, 2016. p. 11-35.

FERNANDES, A. K. S. **Chaparral indústria alimentícia “acompanhamento do processo de beneficiamento do leite e derivados”**. Relatório de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

FREITAS, J. B. de; REVILLION, J. P. P.; BELARMINO, L. C.. Analysis of competitiveness of the whole milk powder production chain. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 19, n. 6, p. 750-771, 2015.

FREITAS, E. D. F. M.; LOPES, L. D. L.; ALVES, S. M. D. F.; CAMPOS, A. J. D. Efeito da maltodextrina no sumo da polpa de abacaxi Pérola atomizado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 271-280. 2019.

FUJIMORI, N. A. S. **Dimensionamento do sistema de água gelada e vapor da área de utilidades de uma fábrica de sucos**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.

GAIANI, C.; GAIANI, C.; MORAND, M.; SANCHEZ, C.; TEHRANY, E. A.; JACQUOT, M.; SCHUCK, P.; SCHER, J. How surfactant composition of high milk proteins powder is influenced by spray-drying temperature. **Coloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.75, p. 377-384, 2010.

GARCÍA, V.; ROVIRA, S.; BOUTOIAL, K.; LÓPEZ, M. B. Improvements in goat milk quality: A review. **Small Ruminant Research**, v. 121, p. 51-57, 2014.

GOLINELLI, L. P.; CARVALHO, A. C.; CASAES, R. S.; LÓPEZ, C. S. C.; DELIZA, R.; PASCHOALIN, V. M. F. Sensory analysis and species-specific PCR detect bovine milk adulteration of frescal (fresh) goat cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 6693-6699, 2014.

GOMES, L. C.; ALCALDE, C. R.; SANTOS, G. T.; FEHRMANN, A. C.; MOLINA, B. S. L.; GRANDE, P. A.; VALLOTO, A. A. Concentrate with calcium salts of fatty acids increases the concentration of polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 124, p. 81-88, 2015.

GÓMEZ, A. S. **Modelos reológicos associados al néctar mix papaya-piña**. 2019, 135 p. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Nacional do Callao. Callao, 2019.

HAMMES, M. V. **Estudo da influência da adição de lectina de soja na molhabilidade do leite de búfala em pó obtido por spray drying**. 2013, 88p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

IBIAPINA, A.; DE AGUIAR, A. O.; TORRES, E. A.; SOARES, C. M. da S.; ZUNIGA, A. D. G. Obtenção de pó de polpa detox utilizando liofilização e spray drying como métodos de secagem. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 3, p.269-276, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística(2019) Sistema IBGE de Recuperação Automática –SIDRA, Censo Agropecuário 2017 -Resultados Preliminares. Disponível em: <sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acessado em: 15 fev. 2020.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra**. Brasília, DF, n37.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002. **Inspeção de produtos de origem animal, serviço de inspeção de leite e derivados**. DF, n.51.

KOWALSKA, J.; LENART, A. **The influence of ingredients distribution on properties of agglomerated cocoa products**. Journal of Food Engineering, v. 68, n. 2, p. 155-161, 2005

LIMA, I. S. S.; GARCEZ, B. S.; ALVES, A. A.; AQUINO, F. C.; BORGES, L. S.; CARVALHO, W. F. Gordura protegida e perfil de ácidos graxos do leite de cabra: Uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.10, n.4, p. 830-840, 2016.

LIMA, L. N. C.; TÔRRES, L. S.; SILVA, L. K. B.; SANTOS, R. S.; CRUZ, T. M. S. Avaliação microbiológica do leite in natura e pasteurizado comercializado no município de Benevides – PA. **Revista Scientia Plena**, v. 12, n. 6, p. 1-6, 2016.

LIMA FILHO, R. R. D. **Fatores econômicos determinantes da importação brasileira de leite em pó proveniente da Argentina e do Uruguai entre 2000 e 2016**. Dissertação de Mestrado, em administração da Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2017.

LÔBO, A. M. B. O.; LÔBO, R. N. B.; FACÓ, O.; SOUZA, V.; ALVES, A. A. C.; COSTA, A. C.; ALBUQUERQUE, M. A. M. Characterization of milk production and composition of four exotic goat breeds in Brazil. **Small Ruminant Research. Amsterdam: Elsevier Science Bv**, v. 153, p. 9-16, 2017.

MADUREIRA, K. M.; GOMES, V.; ARAÚJO, W. P. de. Características físico-químicas e celulares do leite de cabras Saanen, Alpina e Toggenburg. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 24, n. 1, p.39-43, 2017.

MAGALHAES, K.; HOLANDA FILHO, Z. F.; MARTINS, E.; LUCENA, C. C. de. **Caprinos e ovinos no Brasil: análise da Produção da Pecuária Municipal 2019**. Embrapa Caprinos e Ovinos-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE), 2020.

MARTINS, L. de S. A. **Perfil físico-químico e sensorial de derivados lácteos com diferentes teores de gordura.86 p**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia de alimentos. -- Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2018.

MATA, M. S.; CHENG, F. K. M. L.; KUROKAWA, F. A. Modelagem numérica para fluidos não newtonianos utilizando o modelo Bingham-papanastasiou e o método moving particle semi-implicit (mps). In: Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 38, **Proceedings...CLAMCE**, Florianópolis, 2017, p.5-7.

MAZAL, G.; VIANNA, P. C. B.; SANTOS, M. V.; GIGANTE, M. L. Effect of somatic cell count on prato cheese composition. **Journal of Sairy Science**, v. 90, n. 2, P. 630-636, 2007.

MEDEIROS, U. K. L. de. **Viabilidade técnica de uma rota não convencional para a produção de leite de cabra em pó em cooperativas do Rio Grande do Norte**. (2010). 189p. Tese de doutorado. Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

MEDEIROS, K. C.; DEODATO, J. N. V.; MARTINS, S. S.; SEVERO, D. S.; ARAÚJO, A. S. Qualidade de leite em pó integral comercializados em Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v 9. , n. 4 , p. 50 - 52, 2014.

MENEZES, M. S. **Reologia de alimentos modelos**. Monografia. Engenharia de alimentos. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2018.

MITSCHKA, P. Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions. **Rheology Acta**, v. 21, p. 207-209, 1982.

MONTEIRO, V. F. **Rendimento e qualidade do queijo tipo minas frescal de cabras alimentadas com raspa de mandioca e alfafa**. 85p. Dissertação de Mestrado. Zootecnia. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

MORAIS, C. S. **Controle de qualidade do leite e derivados da empresa Coproleite**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Estágio supervisionado, 2013.

MOREIRA, B. A.; AROUCA, F. O.; DAMASCENO, J. J. R. **Fluidos não-newtonianos: definições e metodologias de caracterização**, 1ª Edição, EDIBRAS, Uberlândia, 2016.

MORENO, A. F. N. **Modelos reológicos para caracterização de caldas hidráulicas**. 122 p. 2018. Dissertação de Mestrado. Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2018.

NEVES, M. W.; CARBONERA, N.; SANTO, M. L. P. E. Avaliação da qualidade do leite e seu processamento na produção de leite em pó associado a análise de perigos e pontos críticos de controle. **Revista do Instituto do Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 266-273, 2012.

NOBRE, P. T. **Caracterização e modelagem dos sistemas de produção de caprinos leiteiros**. 2014, 68p. Dissertação de mestrado em produção animal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2014.

OLIVEIRA, A. H. **Obtenção do leite de cabra em pó por *spray dryer*: secagem, modelagem e simulação do processo**. 2018, 78p. Dissertação de Mestrado em engenharia e gestão de processos e sistemas. Faculdade IETE. Belo Horizonte, 2018.

OLIVEIRA, L. S. **Características e sustentabilidade de sistemas de produção de caprinos leiteiros no Nordeste do Brasil**. 2020. 159p. Tese de doutorado em Ciências Agrárias e Veterinária. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, S. S.; CISESKI, T. M. B. Tratamento da água através de troca iônica por meio de zeólitas como proposta para melhoria da reologia da frita cerâmica e dos compostos moídos. **SATC Institutional Repository** Criciúma, 2019.

PEREA-FLORES, M. J.; CHANONA-PÉREZ, J. J.; TERRES-ROJAS, E.; CALDERON-DOMINGUEZ, G.; GARIBAY-FEBLES, V.; ALAMILLA-BELTRÁN, L.; GUTIERREZ-LOPEZ, G. F. Microstructure structure characterization of milk powders and their relationship with rehydration properties. **Spray Drying Technology**, p. 197-219., 2010.

PEREIRA, G. S. **Caracterização sensorial e reológica de soluções de espessantes e acidulantes com sacarose**. 2019. 128p. Tese de Doutorado em alimentos e nutrição. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

RAMOS NETO, K. X. C.; NEIVA JÚNIOR, A. P.; PAIVA, P. J. F.de; SÁTIRO, T. M.; TAVARES, V. B. **Leite de cabra: qualidade x instrução normativa nº 37/2000 do MAPA**. Extensão em Foco, n. 22, p. 51-61, 2021.

SALES, L. G.; SANTOS, F. M. F.; FELIX, J. C. W. P.; MENEZES, D. R. **Projeto canequinha de leite: incentivo ao consumo do leite de cabra no Submédio São Francisco. IX Mostra de Extensão**. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNUVASF. 20014.

SANTOS, L. V. G. S.; FOGAÇA, L. C. Avaliação físico-química e microbiológica de leite in natura comercializado no Município de Anagé – Bahia. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 13, n. 43, p. 982-988. 2019.

SANTOS, P. H. **Influência da temperatura e da concentração de sólidos solúveis no comportamento reológico de polpas de jambo-vermelho com casca, cupuaçu e suas misturas**. 2013. 2013, 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SCATAMBURLO, T. M.; YAMAZI, A. K.; CAVICCHIOLI, V. Q.; PIERI, F. A.; NERO, L. A. Spoilage potential of *Pseudomonas* species isolated from goat milk. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 2, p. 759-764, 2015.

SCHEIBEL, M. **Avaliação e dimensionamento de um sistema de transporte pneumático em uma indústria de leite em pó**. 2018. 72 p. Monografia. Engenharia Química, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Lajeado, 2019.

SCHNEIDER, C. L. **Estudo experimental da perda de circulação de fluidos não newtonianos em meios porosos fraturados**. 2019. 147 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

SCHUCK, P. H. **Análise das características reológicas no escoamento de misturas utilizadas no tratamento preventivo do cultivo da soja**. 2018. 43p. Monografia. Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2018.

SÉRGIO, C. S. **Avaliação do potencial do uso do leite de cabra na elaboração de leite fermentado adicionado de inulina**. 216, 33p. Monografia. Zootecnia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SHIBATA, L. W. **Análise físico-química, microbiológica e sensorial do queijo de coalho condimentado produzido a partir do leite de cabra congelado**. 2018, 33. Monografia. Zootecnia. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2018.

SILVA, E. M. N. da; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A.; AZEVEDO, S. S.; LOPES, J. J. Caracterização dos sistemas produtivos de leite de cabra nos cariris paraibano. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 55-63, 2013.

SILVA, J. M. da; O. MÍNDELO, L. J. de; SALES M.F.; OLIVEIRA JÚNIOR, C. A. Evolução do rebanho efetivo e principais características da ovinocaprinocultura no estado do Pará. In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 5, **Anais...COINTER PDVAgro**, 2020.

SILVA, A. P.; MORAES, C. A. C. A Importância do Layout no Arranjo Organizacional de uma Empresa. In: 6º Fórum Científico da FUNEC: Educação, Ciência e Tecnologia: Biodiversidade, Qualidade de Vida e Cidadania. **Anais... FUNEC**, v. 6, n. 6, Santa Fé do Sul, 2015.

SILVA, L. F. N. **Perfil de produtores da associação de criadores de cabras leiteiras do Leste e Agreste Potiguar**. 2014, 63 p. Dissertação de Mestrado em Produção Animal. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, RN, 2014.

SILVA, F. J. P. D. **Adição de duas variedades de inhame na fabricação de leite fermentado caprino funcional: aspectos reológicos**. 2017, 44 p. Monografia em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SILVA, J. A. S. L. **Desidratação de ervas condimentares: análise do processo de secagem**. 2019. 44 p. Monografia em Nutrição. Universidade Federal de Pernambuco. Vitória de Santo Antão, 2019.

SILVA, J. W. S. da. Construção de um aparelho viscosimétrico rotacional com medida de viscosidade obtida a partir de mídias portáteis. **Revista de Estudos Interdisciplinares**, v. 1, n. 1, p. 1-2, 2020.

SILVA, G.; SILVA, A. M. A. D.; FERREIRA, M. P. B. **Processamento de leite**. Recife: Ed. Da UFRPE, 2012. 167 p. (Curso Técnico em Alimentos). 2012.

SILVA, M. A. P. da; ALONSO, P.; SOUZA, C. M. de; CARVALHO, L. A. de. **Avaliação microbiológica de amostras de leite uht comercializadas em Rio Verde**, 2017. Disponível em: < <http://ciencialivre.pro.br/media/baf89759268be586ffff823dffffd502.pdf> > Acesso em: dezembro de 2017.

SILVA, J. A.; REIS, E. C. A.; ASSIS, D. de J.; GOMES, G. V. P.; DRUZIAN, J. I. In: **Aproveitamento de casca de mandioca e palha de milho para produção de goma xantana**. Processos Químicos e Biotecnológicos, cap. 8. v.1, 1ª edição. Editora Poisson, Belo Horizonte, 2019.

SOARES, P. A.; CALIXTO, J. M.; LADEIRA, L. O.; SOUZA, T. C.; KITTEN, E.; PINTO, G. Caracterização da reologia no estado fresco de pastas de cimento Portland fabricadas com nanotubos de carbono sintetizados diretamente sobre o clínquer. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 60, **Anais... CBC**, 2018.

SOUZA, D. F. A. de; ASSIS, P. O. A. de; RODRIGUES, R. A. V.; GUERRA, G. C. B.; EGYPTO, R. D. C. R. do. Produtos lácteos caprinos: constituintes e funcionalidade. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 1, p. 536-556, 2019.

SPACKI, C. K. C.; OLIVEIRA, L. S. de; MENDES, A. C.; COSTA, J. C. M. da; MATIUCCI, M. A.; RESSUTTE, J. B.; COUTO, J. M. F. A.; NASCIMENTO, M. G. Determinação do comportamento reológico de suco de abacaxi adicionado de yacon e goma xantana em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 5149-5161, 2020.

TORRES, J. K. F.; STEPHANI, R.; TAVARES, G. M.; CARVALHO, A. F.; COSTA, R. G. B. C.; SCHUCK, P.; PERRONE, I. T. Hidrólise da Lactose e Produção de leite em pó: Aspectos Tecnológicos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 2, p. 94-105, 2016.

TRIBOLI, E. P. R. **Estudo e otimização de processo de secagem de iogurte por atomização com secador em escala piloto**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014.

VIDAL-MARTINS, A. M. C.; SALOTTI, B. M.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; PENNA, A. L. Evolução do índice proteolítico e do comportamento reológico durante a vida de prateleira de leite UAT/UHT1. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 698-704, 2005.

WANG, L.; REN, C.; YOU, J.; FAN, Y.; WAN, Y.; ZHANG, Y.; WANG, F.; HUANG, M. A novel fluorescence reporter system for the characterization of dairy goat mammary epithelial cells. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 458, p. 783-789, 2015.

ZOCCAL, R. O Brasil e o mercado internacional de lácteos. **Revista Balde Branco**, v. 50, n. 596, p.70, 2017.

CAPÍTULO 02

PROCESSO DE SECAGEM DO LEITE DE CABRA

2.1 INTRODUÇÃO

Dentre as várias técnicas de secagem de alimentos, a mais utilizada na indústria láctea é a desidratação ou secagem por atomização, a qual utiliza um equipamento chamado de *spray dryer* (CHAVES et al., 2015). Tal procedimento que consiste em pulverizar a substância líquida ou pastosa em uma corrente de ar quente, possui vantagens em relação a outros métodos, já que é um processo contínuo e com baixo custo operacional (CARMO et al., 2015). A secagem do leite é um processo rápido o que minimiza a degradação de compostos do alimento, permitindo que ao ser reconstituído esteja com a qualidade nutricional semelhante ao do produto in natura.

Todos os tipos de secagem de alimentos sofrem constantes alterações ao longo do tempo, através de pesquisas e desenvolvimento, sempre com o intuito de melhorar a qualidade e conservação do produto, aspectos sensoriais, tempo do processo e rendimento (SANTOS, 2018). Com a secagem por atomização, embora já seja amplamente utilizada nas indústrias de alimento, não é diferente, necessitando de estudos com o intuito de otimizar cada vez mais o processo. Existem variáveis durante o procedimento que podem afetar o produto final. As principais e as que serão estudadas neste projeto são a temperatura de entrada, a rotação do atomizador, além das diferentes concentrações do leite. Para o trabalho em questão, foi usado o disco rotativo, que cria gotas no tamanho de 1 a 600 μm . O sistema de atomização por discos rotativos, tem como princípio construtivo um eixo de motor com um disco anexado à sua extremidade. O que irá definir a capacidade de pulverização e o tamanho das gotículas é a rotação desses discos (COSTA et al., 2017). Utilizou-se rotações de 300, 400 e 500 Hz. Além disso, obteve-se também a modificação em outros itens que interferem no pó, como a viscosidade de alimentação, ou seja, a concentração do fluido (20, 30 e 40%), e a variação da temperatura do ar de secagem (170, 190 e 210°C). Qualquer modificação feita em um desses parâmetros ocasionará um produto final diferenciado, seja em cor, tamanho de partículas, características físico-químicas e também no rendimento.

Este capítulo foi realizado com o objetivo de estudar todo o processo de secagem do leite e definir, através dos resultados das análises, os parâmetros, verificando quais são os mais interessantes para o processo industrial.

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2.1 Secagem

A secagem de alimentos é uma atividade bastante antiga que tem como principal objetivo a conservação e o aumento da vida útil, por meio da redução da água presente nos alimentos (LEITE, 2018).

Essa redução da água pode ocorrer por meio da evaporação ou sublimação, através da aplicação de calor ou vácuo em condições controladas, fazendo com que a atividade de água diminua, permitindo a minimização da deterioração gerada por reações microbiológicas e enzimáticas, mantendo a qualidade físico-química do produto armazenado por períodos prolongados (FEITOSA, 2014). De acordo com Silva (2013) a secagem consiste na eliminação, por evaporação, de um líquido volátil contido em um sólido não volátil.

Várias são as vantagens que o processo de desidratação oferece, além do aumento da vida útil do alimento, tem a conservação dos componentes aromáticos em temperatura ambiente por longo período, proteção contra degradação enzimática e oxidativa, redução do volume e por conseguinte a redução de custos com o transporte, embalagem e armazenamento, além de proporcionar disponibilidade do produto durante todo o ano, mesmo para alimentos sazonais (OLIVEIRA et al., 2020). Outra grande vantagem do processo de secagem é que livra o produto da refrigeração sendo um processo bastante oneroso (FERREIRA et al. 2014).

A desidratação de um produto pode ser dividida em três etapas principais. Na primeira etapa, no início da secagem, a temperatura é elevada até que a transferência de calor para o produto e a transferência de massa para a corrente de ar se equilibrem. Normalmente esse equilíbrio ocorre rapidamente. A segunda etapa é determinada pela taxa constante de secagem. O vapor da água se difunde através da camada limite de ar em torno do alimento e é transferido por convecção forçada pelo ar. A taxa de secagem permanece constante até o momento em que haja água disponível na superfície do material e o mesmo alcance um teor de umidade crítico. A temperatura da superfície, nesse período, é próxima à temperatura de bulbo úmido do ar de secagem. Já na terceira etapa, a taxa de secagem é decrescente, lentamente se aproximando de zero, que é quando o material alcança o teor de umidade de equilíbrio (umidade do alimento em equilíbrio com a umidade do ar de secagem). Nesse momento, a taxa de saída de água do interior do alimento para a superfície passa a ser menor que a taxa de

evaporação da água e a superfície seca. Nesse ponto, a temperatura da superfície aumenta até alcançar a temperatura de bulbo seco. A taxa de secagem é praticamente constante, nessa etapa, o que favorece a maioria dos danos causados pelo aquecimento da superfície do alimento (JAMES, 2018).

A secagem de alimentos é realizada através de secadores industriais ou laboratoriais, pelos mais variados métodos, os quais são escolhidos de acordo com as características de cada material ou forma e qualidade que se deseja dar ao produto final.

Os processos de secagem de alimentos líquidos ou pastosos mais utilizados são: secagem por atomização, liofilização, camada de espuma e em meio fluidizado ou de jorro. Entre as várias técnicas citadas, o método mais utilizado na indústria de sucos e leites em pó é o da secagem por aspersão ou atomização (*spray dryer*) (SILVA, R. et al., 2017). No caso do leite, por ser fluido e sensível a altas temperaturas, esse processo é o mais apropriado, pois mesmo que a temperatura de entrada seja alta o tempo de processamento é muito rápido, a evaporação da água ocorre rapidamente, permitindo manter baixa a temperatura do produto final, não afetando excessivamente sua qualidade, tornando essa técnica mais econômica e vantajosa no caso de materiais sensíveis ao calor (CAVALCANTE et al., 2017). Apesar desta tecnologia ser aplicada ao leite há mais de cem anos, ela continua a ser estudada e aprimorada em vários países como Dinamarca, Holanda e Estados Unidos (OLIVEIRA, 2018).

2.2.2 Secagem por atomização (*spray dryer*)

A secagem por atomização é um processo vastamente usado na indústria alimentícia, principalmente na transformação de líquidos em pó, por ser econômico, flexível e contínuo (FREITAS et al., 2019). Mostra-se bastante eficaz, em condições ideais de processamento, na obtenção de vários produtos em pó, como o leite, café, ovo, corantes, frutas, entre outros (SANTOS et al., 2015), sendo o método mais utilizado nas indústrias de laticínios que empregam o *spray dryer* na conversão do leite líquido em leite em pó (CHAVES et al., 2015; SILVEIRA et al., 2013).

Um fator importante a ser considerado é que esse processo possui vantagens sobre os outros, pois pode-se controlar facilmente os parâmetros da secagem, oferecendo o desenvolvimento de métodos próprios para diferentes produtos e resultados (PEREIRA et al., 2019). Com isso os parâmetros de qualidade e também algumas especificações do produto final, podem ser modificados, gerando pós com características diferentes.

Outra vantagem desse método é a proporção dos compostos do pó que é muito semelhante ao do alimento líquido, mantendo intactos os componentes não voláteis, além da baixa agressividade a produtos termo sensíveis e compostos bioativos devido ao curto tempo de contato com a fonte de calor, ou seja, uma permanência rápida do produto na câmara de secagem, deixando o interior da partícula com temperaturas baixas (COSTA et al., 2020). Segundo Torres (2016), o produto fica na câmara apenas 20 a 60 s.

A produção em grandes quantidades em operação contínua, podendo ser mais econômico e eficiente do que outros métodos, possuindo equipamentos relativamente simples e facilmente disponíveis e de baixo custo de processamento, também é um ponto positivo (CARMO et al., 2015). De acordo com Shishir & Chen (2017), a técnica economiza de 4 a 5 vezes mais do que a liofilização e 4 vezes mais do que a secagem a vácuo. Os secadores do tipo *spray dryer* possuem capacidades operacionais variadas que vão desde mililitros por hora (escala laboratorial) até dezenas de toneladas por hora na indústria. Além disso, a produção é bastante rápida.

Os produtos adequados para esse método são aqueles que apresentam na forma física líquida, suspensões, pastas macias ou lamas capazes de escoarem com a ajuda de uma bomba (GAIANI et al., 2010).

No processo de secagem por atomização é preciso ter cuidado com a presença de gotículas maiores, elas podem chegar até as paredes da câmara ou aglomerado de partículas, antes que o processo esteja completo, gerando aderência e formação de depósitos. Essa aderência do produto nas paredes da câmara é uma das principais causas de perda do produto no processo. É necessário configurar o aparelho para utilizar o mínimo de energia possível para deixar o pó com o teor de umidade baixo, além de evitar a aderência do pó nas paredes da câmara. Outro problema, é o produto final ficar pegajoso por causa da baixa temperatura de transição vítrea de alguns produtos, estando sujeitos a sofrerem transformações, passando de um estado vítreo para o estado gomoso (ENGEL, 2017).

A secagem por atomização pode ser dividida em três etapas básicas (atomização, mistura *spray-dryer* / evaporação da umidade e separação do produto seco do ar de saída). Consiste em pulverizar a substância líquida ou pastosa em uma câmara fechada cilíndrica /cônica, na forma de milhões de pequenas gotículas, submetidas a uma corrente controlada de ar quente não saturada, que deverá remover a água do alimento, fazendo com que o soluto que se encontrava diluído na solução seja obtido em pó (SILVA, 2014). O líquido é aspergido utilizando um sistema de alta pressão, pelo

qual as gotículas entram em contato com o fluxo de ar quente (CVALCANTE et al., 2017). As microgotas, geralmente em escala de micrômetros, entram em contato com o ar de secagem e encolhem rapidamente, por causa da grande área de superfície para transferência de calor associada ao seu tamanho reduzido. Essa diminuição no tamanho da gota e diminuição no volume do solvente e conseqüentemente o aumento na supersaturação do soluto, permite a nucleação, ou seja, a gotícula é desidratada da superfície para o núcleo, concentrando os sólidos em sua superfície e, por conseguinte aumentando a temperatura da partícula causada pela evaporação (MCDONAGH & TAJBER, 2020). O aumento da área superficial favorece a troca de calor e massa, e quando entram em contato com o ar de secagem de baixa umidade relativa e alta temperatura (cerca de 200 °C) acontece a evaporação de grande parte da água do alimento, deixando as partículas com baixo teor de umidade, interrompendo o processo de difusão das moléculas por meio da superfície seca da partícula (SANTOS et al., 2018). A eficácia desse processo está justamente nesse aumento da área de contato entre o material a ser seco e o agente dessecante (ar quente). Dantas e Tavares (2016) afirmaram que um líquido pulverizado em microgotas de 100 µm gera uma área superficial de 3400 m²/kg, se a pulverização ocorrer com gotículas de 20 µm essa área chegará a 17.000 m²/kg correspondendo a espalhar um galão de líquido sobre uma superfície igual a dois campos de futebol. Na Figura 2.1 verifica-se uma ilustração que mostra o que ocorre na vaporização:

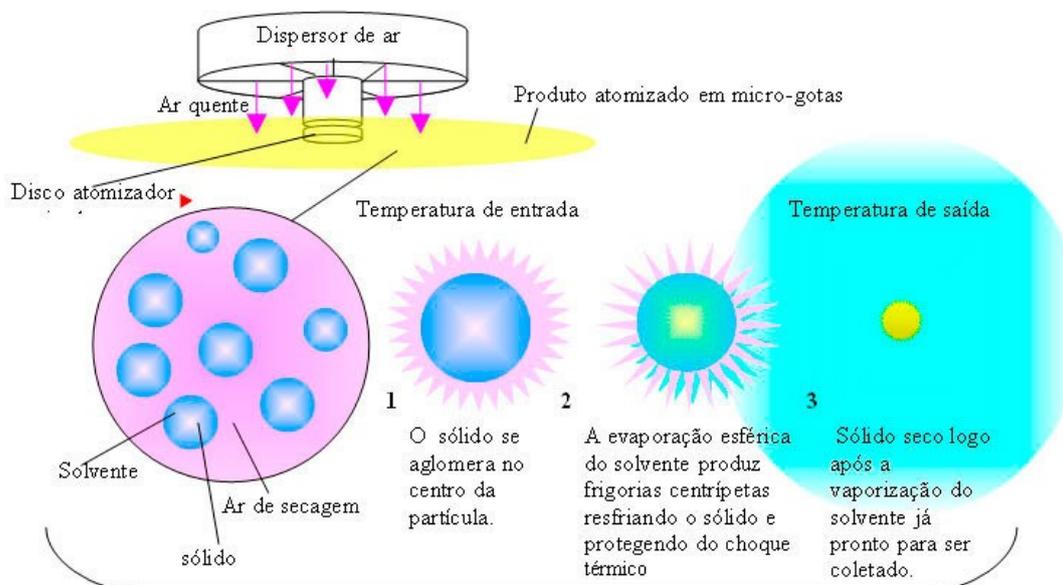


Figura 2.1 –Esquema da atomização

Fonte: Site spray process

Como mencionado, a qualidade do pó obtido pelo *spray dryer* depende das condições de operação do equipamento, assim a taxa de alimentação do atomizador deve ser ajustada certificando que as gotículas atinjam o nível desejado de secagem antes de entrar em contato com a superfície da câmara do equipamento. A temperatura de entrada (100 – 250 °C) no entanto, promove uma rápida formação de membrana semipermeável em torno das gotas. Se a temperatura for baixa a taxa de evaporação também será baixa e lenta, levando a formação de partículas com membrana de alta densidade, alto teor de umidade e diminuição da fluidez do pó, além da facilidade da aglomeração. Já as temperaturas altas podem causar a degradação dos nutrientes do alimento (FARIA, 2019). Por isso é importante encontrar as condições ideais para cada alimento.

Após todo o processo, o pó seco é sugado e armazenado no ciclone ou no saco de filtro. A temperatura de saída do pó é variada, em torno de 10 a 20 °C abaixo da temperatura de saída do ar que normalmente é de 90 °C.

De acordo com Pereira et al. (2019), mesmo com a grande evolução dos secadores, esse processo, assim como qualquer outro, não está livre de falhas e problemas com o maquinário. A grande dificuldade é encontrar o equilíbrio entre os parâmetros que o equipamento permite modificar com cada produto a ser seco, sempre buscando um processo mais rentável e observando o rendimento e custo.

2.2.3 O secador

Basicamente, pode-se dizer que um sistema de secagem por *spray dryer* é formado por um atomizador, que transformará o líquido em uma névoa, um aquecedor ou uma fonte de ar quente, uma câmara de secagem, na qual ocorre a mistura da névoa com o ar e um separador que permite recuperar os sólidos secos (SILVA et al., 2017). Oliveira (2018) definiu que o equipamento para atomização (*spray dryer*) é composto pelas seguintes partes:

- I – Sistema de atomização do material (3)
- II – Sistema de aquecimento e controle de temperatura do ar de secagem (4 e 5)
- III – Sistema de alimentação e controle do fluxo (bomba do produto) (1)
- IV – Sistema de abastecimento de ar (atomizador) (6)
- V – Câmara de secagem (7)
- VI – Ciclone que recolhe o produto seco, em pó (8)

A Figura 2.2 mostra de maneira esquemática as principais partes do secador.

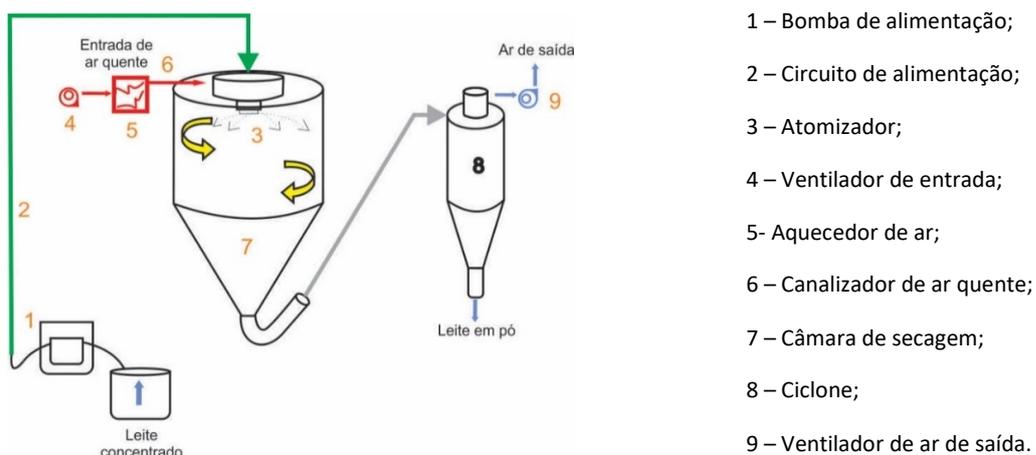


Figura 2.2 – Esquema das partes do *spray dryer*
 Fonte: própria autora, adaptado de TORRES, 2016

A etapa da atomização é a operação mais importante da secagem, já que o tipo de atomizador determina, além da energia necessária para aspergir o líquido, a distribuição e tamanho das gotas, trajetória e velocidade, influenciando no tamanho final das partículas. O estudo do tamanho da gota, permite controlar as características do pó. Existem vários tipos de bicos atomizadores sendo necessário conhecer as características do bico atomizador do equipamento que irá ocorrer o procedimento de secagem. A indústria alimentícia, normalmente usa três tipos de atomizadores: discos rotativos (centrífugo), bicos de pressão de fluido e bicos de pressão de dois fluidos (SALAZAR & Madison, 2018). Existe também o bico ultrassom que é menos usual. Dantas & Tavares (2016) mostraram na Tabela 2.1 os quatro tipos de atomizadores disponíveis para secagem por *spray dryer* e a faixa de tamanho das gotas que podem gerar.

Tabela 2.1–Tamanho da gota na atomização

Tipo do atomizador	Tamanho da gota (µm)
Rotativo	1 – 600
Pressão	10 – 800
Duplo Fluido	5 – 300
Ultrassom	5 – 1000

Fonte: Dantas e Tavares (2016)

A entrada da corrente de ar no equipamento, também pode ser dividida basicamente em 3 tipos. O método contracorrente, é aquele em que o ar sai de baixo para cima e se encontra com o produto atomizado através de um bico pulverizador e vem em direção oposta ao fluxo de ar quente. Quando a partícula está seca, ela se eleva junto com o ar de secagem e vapores do solvente saem pelo teto da câmara. Esse tipo de corrente é usado apenas para produtos termooestáveis. Já o método combinado ou misto é aquele em que o produto é atomizado por um bico único e sempre de baixo para cima encontrando-se com a corrente de ar de secagem. Nesse sistema o produto permanece pouco tempo na zona quente o qual elimina uma grande quantidade de umidade. A gravidade e o fluxo de secagem o deslocam em um curto período de tempo. No método concorrente ou paralelo o produto pode ser atomizado, tanto por bico atomizador como por disco rotativo, porém sempre na mesma direção do fluxo de ar quente, seja ele ascendente ou descendente. Assim que as gotículas chegam na câmara de secagem, secam quase que imediatamente. De acordo com Torres (2016) a corrente paralela, ou seja, aquela que o produto e o fluxo de ar estão no mesmo sentido, não é muito eficiente em termos energéticos, visto que a partícula quando desce no equipamento precisa de mais energia para extrair a água que ficará cada vez mais difícil de ser retirada. Uma maneira seria ter uma corrente de ar contracorrente, mas, no entanto, a partícula seria muito aquecida o que ocasionaria perdas nutricionais e a qualidade do pó seria afetada. Na Figura 2.3, verifica-se esquemas, meramente ilustrativos, desses 3 tipos de correntes de ar, com os mais comuns tipos de spray dryer.

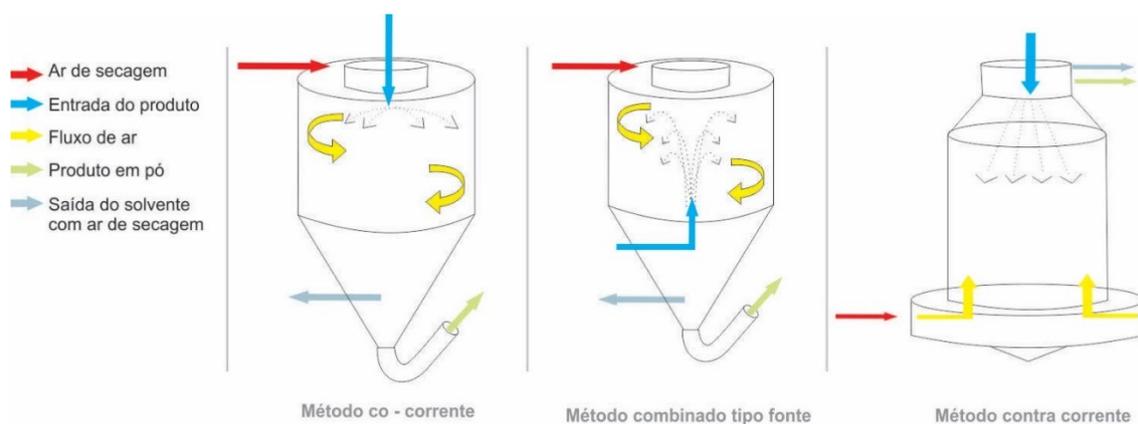


Figura 2.3 – Exemplos de fluxo de ar de secagem

Fonte: Própria autora, baseado no site da *spray process*

2.2.4 Condições de operação

O produto final produzido pelos secadores de aspersão, o pó, dependerá bastante das variáveis operacionais do equipamento (CAVALCANTE et al. 2018). Vários são os fatores que influenciam a secagem por atomização. As temperaturas de entrada e de saída, a vazão de entrada do produto, velocidade de rotação do atomizador ou a vazão de entrada de ar (depende do modelo do *spray dryer*), teor de água do produto, tamanho da gota, propriedades termodinâmicas, umidade do ar entre outros., são parâmetros que modificam o processo de secagem e alteram o produto final em suas características. A título de exemplo, um ar com umidade relativa mais baixa proporciona uma secagem mais rápida, do contrário, um ar mais úmido, com a mesma velocidade e temperatura proporciona uma secagem mais lenta (OLIVEIRA, 2018). Os tamanhos das partículas do pó também são alterados, podendo ser obtidas na forma de pó fino, grânulos ou ainda aglomerados, variando de 20 a 150 μm , produzindo partículas praticamente uniformes e esféricas. Outras características do produto final afetadas por esse método é a densidade, teor de água, coloração e temperatura de saída do pó, influenciadas a partir do monitoramento automático dos parâmetros de secagem durante o processo, ou seja, as condições de operação do equipamento (CHAVES et al., 2015).

Dantas & Tavares (2016), citaram outros fatores que também influenciam nas propriedades do pó produzido pelo spray:

Viscosidade: A viscosidade de alimentação, varia o tamanho da gota.

- 1- Rotação do atomizador: Quanto maior for a rotação, menor será o tamanho da partícula.
- 2- Concentração do fluido: Quanto maior for a concentração reduz o calor requerido pelo *spray dryer*, formando partículas grandes.
- 3- Vazão de alimentação: Vazão alta gera partículas grandes.
- 4- Densidade: Varia inversamente no tamanho da partícula.
- 5- Temperatura do fluido: O aumento da temperatura de entrada, diminui o consumo de calor requerido pelo secador.
- 6- Temperatura e umidade do ar de secagem: O aumento da temperatura gera a diminuição da densidade do produto.
- 7- Vazão do ar de secagem: Vazão alta, baixo tempo na câmara e por conseguinte alta umidade residual.
- 8- Design do rotor: Dependendo do modelo ocorrerá a variação no tamanho das partículas

Na Figura 2.4 verifica-se um diagrama que resume os principais fatores que afetam a secagem por spray dryer e como afetam o produto final.

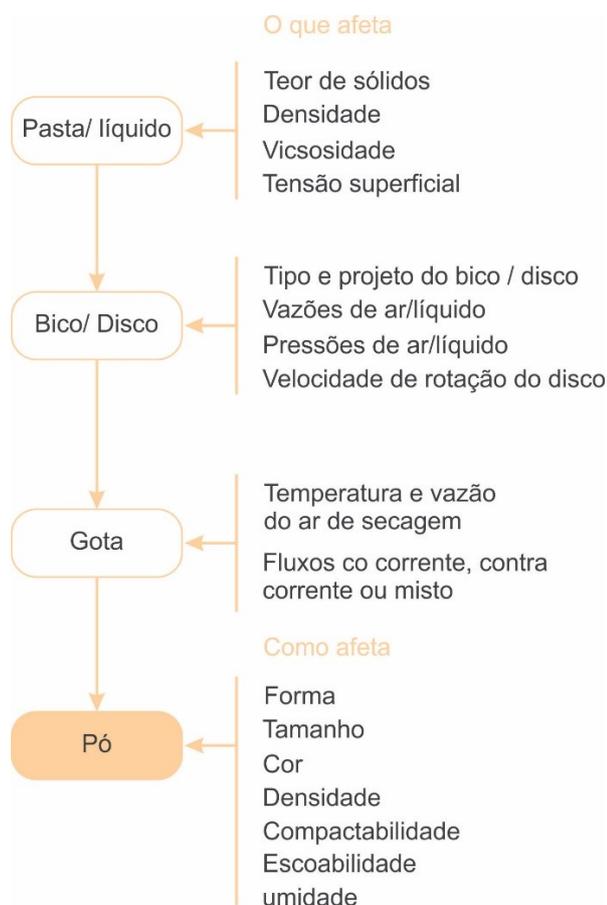


Figura 2.4 – Diagrama dos fatores que influenciam a secagem por *spray dryer*

Fonte: Adaptado de ROSA et al. 2006

Contudo, dentre tantos citados, os principais parâmetros a serem controlados em uma secagem por atomização são: temperaturas de entrada (100 – 250 C), e de saída ar, a vazão de entrada do produto e do fluxo de ar e o conhecimento da matéria-prima que será decisivo na escolha desses parâmetros. No caso do disco de rotação, o fluxo de entrada do líquido é regulado através de uma bomba peristáltica. Já a rotação é controlada pelo motor. A temperatura de entrada e saída, pode ser controlada pela resistência elétrica do equipamento (SALAZAR & MADISON, 2018). O rendimento, assim como outras características do pó é bastante afetado pelos parâmetros de secagem, ocorrendo em algumas situações uma maior deposição das partículas nas paredes do equipamento implicando em perda de massa do produto final, por isso é importante definir as melhores condições de operação do *spray dryer* com o intuito de diminuir esse alojamento das partículas (KESHANI et al., 2015).

As condições de entrada e saída devem ser fixadas inicialmente. Geralmente isso é determinado de acordo com a experiência de fabricação do produto de interesse, tendo o conhecimento sobre a temperatura do ar de entrada ou do ar de saída necessárias para obter o teor de água do pó desejado.

Diversos pesquisadores têm estudado a secagem do leite para obtenção do produto em pó. Guerra et al. (2005) realizaram seus experimentos de secagem do leite bubalino pelo processo de atomização com temperaturas de entrada e saída de 140 e 75 °C respectivamente, obtendo resultados satisfatórios. Furlan et al. (2012) utilizaram a temperatura de entrada do *spray dryer* de 195 °C, considerando a melhor para a realização do seu experimento.

Com relação a caracterização termodinâmica da secagem de leite com lactose hidrolisada Fialho et al. (2017) concluíram que o produto com hidrólise da lactose é mais susceptível ocorrer a aderência na câmara, isso porque possui uma TTg (temperatura de transição vítrea) menor, comparando-se com o leite comum, sem hidrólise da lactose, resultando em uma perda de massa maior no final do processo. Nesse experimento usaram diferentes condições de secagem. Primeiramente utilizaram uma combinação de temperaturas mais baixas (115 – 145 °C), porém com maiores taxas de fluxos (cerca de 1,4 kg h⁻¹), obtendo uma maior atividade de água nos pós que apresentaram umidade elevada, pois as temperaturas baixas não foram suficientes para remover a água do produto. Com a umidade elevada a temperatura de transição vítrea é diminuída, havendo a aglomeração dos pós. No segundo experimento as temperaturas foram aumentadas (130 – 160 °C) e as taxas de fluxos foram baixadas (0,3 kg h⁻¹). Nessa segunda conjuntura a coloração do produto foi alterada, apresentando cor marrom, oriunda do excesso de produtos da Reação de Maillard (reação química que ocorre a altas temperaturas, entre um aminoácido ou proteína e um carboidrato redutor obtendo-se sabor (flavor), odor e cor característicos nos alimentos. O aspecto dourado da carne é resultado dessa reação) que pode ser explicada pelo aquecimento excessivo que permitiu a transição vítrea, favorecendo tal reação.

Torres et al. (2017) pesquisaram os aspectos tecnológicos do leite em pó com hidrólise da lactose, com diferentes tratamentos (0, 25, 50, 75 e 90% de concentração do leite hidrolisado) e perceberam que as amostras que tinham maiores níveis de hidrólise, tiveram suas partículas distribuídas num maior diâmetro, resultando em partículas mais aglomeradas, havendo a diminuição da capacidade de reidratação dos pós-deslactosados.

Balke et al. (2014), em seus experimentos, verificaram que a melhor condição de secagem do leite de cabra para obtenção do produto em pó foi a 170 °C de temperatura, vazão de alimentação de 3,5 L/h e pressão de 1,8 Bar. O produto obtido nessas condições tinha 1,2% de umidade e 11% de aproveitamento. Para o leite ovino os pesquisadores também constataram que a melhor temperatura de entrada foi de 170 °C.

Patil, Chauhan e Singh (2014) produziram pó de goiaba, com a temperatura de entrada de 185 °C com concentração de maltodextrina de 7%, obtiveram um pó com propriedades nutricionais bem próximas ao produto comercial.

Outro aspecto importante a ser verificado, além das temperaturas de entrada e saída, é a concentração do leite anteriormente a secagem, por ser importante para redução de custos do processo, já que a evaporação da água por evaporadores é bem mais barata do que pelos secadores. Outra vantagem é que as partículas ficam com menos ar, ficando mais densas, ocupando menos espaço. Normalmente essa concentração é realizada por evaporadores de múltiplos estágios, mas também pode ser feita através de processos de ultrafiltração e osmose reversa, em que a concentração é através de membranas permeáveis, sendo esse último mais vantajoso por conservar as propriedades dos alimentos, contudo é pouco utilizado na concentração do leite, por ser um processo mais lento e caro que a concentração por evaporação. Um evaporador, que tem como função concentrar uma solução por meio da ebulição do solvente, é formado basicamente por um trocador de calor e um dispositivo que separa a fase vapor do líquido em ebulição chamado de concentrador de simples efeito. Para não ter a necessidade de temperaturas altas, os evaporadores normalmente são operados a vácuo (HAMMES, 2013). A concentração do leite é um processo que deve ser minuciosamente estudado para que não ocorra reações indesejadas no produto como a reação entre os aminoácidos e os açúcares (carboidratos), a chamada reação Maillard que tem consequências na qualidade do leite no tocante a cor, sabor, e valor nutritivo. Já em condições controladas, o leite pode ser concentrado sem grandes alterações nas suas propriedades (FONSECA et al., 2011).

2.2.5 Transição vítrea (T_g)

Um outro desafio na secagem de produtos, pode estar associado a transição vítrea (T_g) do alimento, que é a transformação do estado vítreo (líquido de alta viscosidade) para o estado gomoso (líquido de baixa viscosidade). A atomização produz pó com estrutura amorfa seca, podendo apresentar-se no estado vítreo ou no estado gomoso, emborrachado, que ocorre quando se atinge uma temperatura superior ao da

transição vítrea, ocorrendo algumas mudanças estruturais não convenientes como a aglomeração do pó e adesão ao equipamento. Em produtos lácteos os pós mostram os efeitos da transição vítrea ao atingir uma temperatura acima da TTg (temperatura de transição vítrea) que não é igual a temperatura de aderência do pó nas paredes do equipamento. Dessa forma, para ocorrer a aderência necessita-se de uma temperatura 20 a 25°C maior do que a TTg, por isso é importante a manutenção do estado vítreo, já que minimiza a adesão e empedramento do produto. Essa manutenção depende do tipo de moléculas que formam o produto, do teor de umidade final do produto e da temperatura da partícula do pó no decorrer da secagem e no armazenamento, ou seja, as condições do equipamento de secagem e as condições de transporte, estocagem e venda dos produtos (PERRONE et al., 2016).

Submetendo o produto a uma temperatura mais elevada do que sua TTg, ocorrerá várias alterações como o aumento do volume livre, minimização da viscosidade, variação do calor específico e incremento da expansão térmica. Todos esses fatores levam a várias modificações estruturais como a aglomeração dos pós e aderência e empedramento durante o processo (SANTOS et al., 2018).

O conhecimento da Tg dos produtos é uma ferramenta importante para controlar e produzir lácteos desidratados de qualidade. De acordo com Perrone et al. (2016), a TTg do leite em pó é variável de acordo com a composição específica do produto lácteo. Para o leite integral, a TTg é de 92°C, para uma umidade relativa de 0%. Assim, é interessante que a temperatura de saída e conseqüentemente a temperatura do pó, fique sempre abaixo desse valor, para não comprometer a qualidade do pó.

2.2.6 Eficiência energética

Sabe-se que é de extrema importância estudar a eficiência energética durante o processo de secagem, já que o consumo de energia é de grande importância nos custos da operação. Essa eficiência energética é dada pela razão entre a energia mínima necessária e a energia efetivamente consumida. Contudo as relações entre o alimento, a água e o meio de secagem são complexas, inúmeros medidores de eficiência podem ser usados.

Para o processo de secagem ser eficiente, é preciso que a energia necessária seja fornecida para que ocorra a vaporização da água e a absorção da umidade pelo ar. Em relação aos custos, o aquecimento do ar de secagem é o fator econômico mais importante para o processo (KAIJTAMA & PARK, 2010). A economia de energia do

processo pode ocorrer com o aumento da temperatura do ar de entrada e diminuição da temperatura do ar de saída. Além disso, outros fatores podem reduzir o consumo de energia como o isolamento do equipamento, recirculação do ar de exaustão, recuperação do calor do ar de exaustão, uso de aquecedor direto, secagem em duas etapas, concentração do alimento, automação da temperatura do ar de saída.

Para remover a água de um alimento, necessita-se de uma quantidade de calor que seja suficiente para aquecer o meio até a temperatura de saturação (calor sensível) e também para fornecer calor latente de mudança de fase. Desse modo, uma medida de eficiência pode ser definida pela razão entre a quantidade de calor necessária e a quantidade que foi efetivamente usada. Nas secagens realizadas em sprays é útil conduzir o balanço de energia do ar, tratando o secador como adiabático e desconsiderando as trocas de calor com o meio. Dessa maneira o calor útil transferido para o alimento para secá-lo, corresponde às mudanças na temperatura do ar ou na passagem pelo aquecedor (JAMES, 2018). A eficiência de secagem adiabática pode ser dada pela Equação:

$$\eta = \frac{(T1 - T2)}{(T1 - Tamb)} \quad (\text{Eq. 2.10})$$

Em que: T1 = temperatura de entrada do ar, T2 = temperatura de saída e Tamb = temperatura ambiente

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

As metodologias empregadas na realização deste trabalho, especificamente deste capítulo contempla a caracterização do leite em pó e todo o processo de secagem. Todos as análises foram realizadas em triplicatas no Laboratório de Tecnologias do Frio, Laboratório de Produtos Agroindustriais e Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, PB.

2.3.1 Matéria prima

Para a realização deste trabalho utilizou-se como matéria-prima o leite de cabra em pó, da marca Caprys, empregado para reconstituir o leite de maneira concentrada (20, 30 e 40%) e água. Optou-se pela utilização do produto em pó, pela facilidade de concentração do leite, visto que o intuito do trabalho é analisar a relação da concentração do produto e o processo de secagem e não a concentração propriamente dita.

2.3.2 Reconstituição do leite

Para reconstituir o leite já nas concentrações ideais para o estudo foi utilizado as seguintes proporções:

Concentração de 20% - 200 g de pó para 1 L de água

Concentração de 30% - 300g de pó para 1 L de água

Concentração de 40% - 400g de pó para 1 L de água

Após a mistura do pó com a água o produto foi totalmente homogeneizado.

2.3.3 – Planejamento experimental da secagem do leite de cabra por atomização

Com intuito de avaliar a otimização do processo de secagem do leite de cabra em diferentes concentrações, foi utilizado a matriz de planejamento Box-Behnken (1960), que é constituída de 3 níveis (+1, 0 e -1), com três réplicas no ponto central, gerando um total de 15 experimentos de secagem.

Foram utilizadas 3 variáveis independentes: a variação da temperatura (°C), a velocidade de rotação do atomizador (hertz) e concentração do leite (%). Essas variáveis são codificadas como T, VR e CN. Na Tabela 2.2, verifica-se as variáveis de entrada e seus níveis.

Tabela 2.2 –Variáveis de entrada e seus níveis

Variáveis	Níveis	-1	0	1
Temperatura Entrada (°C)	T	170°C	190°C	210°C
Velocidade de Rotação do atomizador (Hertz)	VR	300 (Hz)	400 (Hz)	500 (Hz)
Concentração do leite (%)	CN	20%	30%	40%

Fonte: própria autora

Os experimentos de secagem foram realizados de maneira aleatória, conforme a matriz de planejamento verificada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 –Delineamento experimental de secagem

Ordem Aleatória	Rendimento		
	T	VR	CN
11	0	-1	1
9	0	-1	-1
14	0	0	0
2	1	-1	0
12	0	1	1
7	-1	0	1
15	0	0	0
5	-1	0	-1
10	0	1	-1
1	-1	-1	0
8	1	0	1
4	1	1	0
6	1	0	-1
13	0	0	0
3	-1	1	0

Fonte: Própria autora

2.3.3.1 Parâmetros de secagem

Para o experimento foi utilizado um *spray dryer* centrífugo (Figura 1.14 – Capítulo 1), em conjunto com uma bomba peristáltica, que tinha como função o bombeamento do leite para dentro da câmara de secagem. Nos experimentos, foi mantido fixo a

velocidade da bomba, sempre em 70 rpm., equivalendo a 11,34 Kg/h. Verifica-se na Tabela 2.4 o delineamento experimental descodificado e em ordem numérica.

Tabela 2.4 –Delineamento experimental de secagem

Delineamento experimental de secagem			
	Temperatura Entrada (T)	Velocidade de rotação da Atomização (VR)	Concentração de Sólidos Totais (CN)
	(°C)	(Hz)	(%)
1	170.0	300	30.00
2	210.0	300	30.00
3	170.0	500	30.00
4	210.0	500	30.00
5	170.0	400	20.00
6	210.0	400	20.00
7	170.0	400	40.00
8	210.0	400	40.00
9	190.0	300	20.00
10	190.0	500	20.00
11	190.0	300	40.00
12	190.0	500	40.00
13	190.0	400	30.00
14	190.0	400	30.00
15	190.0	400	30.00

Fonte: Própria autora

2.3.3.2 Rendimento do processo de secagem

O rendimento do processo de secagem foi calculado pela razão entre a massa seca final (pó coletado no *spray dryer*) com a massa seca inicial (quantidade de pó que entrou no equipamento), de acordo com a equação abaixo:

$$R = \frac{M_{sf}}{M_{si}} \times 100 \quad (\text{eq. 2.11})$$

em que:

R – rendimento (%)

M_{sf} - massa seca final

M_{si} - massa seca inicial

2.3.4 - Caracterização físico-química do leite de cabra em pó

2.3.4.1 - Teor de água

O teor de água das amostras de leite foi determinado pelo método gravimétrico apresentado pelo IAL (2008). Depois de ignizar os cadinhos de alumínio, pesou-se cerca de 4 g da amostra que foram levadas à estufa calibrada a 105 °C, por um período de 24 h, sendo os resultados expressos em porcentagem.

2.3.4.2 - Sólidos totais

Para o conhecimento dos sólidos totais, fez-se necessário a resolução da seguinte equação:

$$ST = 100\% - \text{teor de água} \quad (\text{eq. 2.12})$$

2.3.4.3 - pH

O valor do pH (potencial hidrogeniônico) foi obtido através da leitura direta, em um pHmetro calibrado previamente, com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, de acordo com a metodologia nº01/IV (IAL, 2008). Os eletrodos foram imersos nas amostras de leite para conseguir a leitura.

2.3.4.4 - Teor de cinzas

A determinação do teor de cinzas do leite em pó seguiu as instruções do Instituto Adolf Lutz (2008). Cadinhos de porcelanas previamente ignizados em forno mufla a 550 +/- 10°C por 1 h e esfriando em dessecador e posteriormente pesado gerando a massa m_0 (g). Depois, acrescentou-se nesse cadinho, aproximadamente 2 g da amostra, sendo novamente pesado para gerar a massa m_1 (g). Em seguida, a amostra foi carbonizada em chapa aquecedora e levada novamente ao forno mufla a 550 +/- 10°C, dessa vez, permanecendo lá por 6 h, para a obtenção das cinzas brancas. O cadinho foi retirado da mufla, e esfriado no dessecador. Depois de frio, foi pesado em balança analítica fornecendo desta vez a massa m_2 (g). Calculou-se o teor de cinzas através da equação 2.13.

$$C (\%) = \frac{(m_2 - m_0) \times 100}{m_1 - m_0} \quad (\text{eq. 2.13})$$

2.3.4.5 - Acidez em ácido láctico

A acidez titulável foi determinada pelo Método 427/IV (IAL, 2008). Pesou-se cerca de 5 g da amostra em um béquer e adicionou 35 mL de água destilada para diluição do produto. Após a diluição do leite, adicionou 5 g de solução de fenolftaleína. Em seguida titulou-se com uma solução de hidróxido de sódio 0,1M, utilizando uma bureta de 10 mL até o aparecimento da coloração rósea.

Cálculo

$$\frac{V \times f \times 0,9}{A} = \text{ácido láctico, por cento m/m} \quad (\text{eq. 2.14})$$

em que:

V - n de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1M gastos na titulação

f - fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1 M

A - n de g da amostra

0,9 = fator de conversão para ácido láctico

2.3.4.6 - Teor de gordura, extrato seco desengordurado, densidade, proteínas, lactose, índice crioscópico e sais

Para a aferição desses parâmetros foi utilizado o analisador de leite MASTER CLASSIC COMPLETE, da AKSO. O leite foi reconstituído, acrescentando 87% de água ao pó. As amostras do leite foram bem homogeneizadas (25 mL) e estavam entre 5 a 35 °C.

A exatidão dos resultados difere para cada análise. Gordura (+- 0,08%), Extrato seco desengordurado (+-0,1%), Densidade (+- 0,3 kg/m²), Proteínas e lactose (+/- 0,1%), Ponto de congelamento (+/- 0,005 °C) e sais (+/- 0,05%).

Gordura, proteína, lactose, sais e extrato seco desengordurado foram expressas em %. A densidade foi expressa a kg/m³ e o ponto de congelamento em °C.

2.3.5 - Caracterização física do leite de cabra em pó

2.3.5.1 - Ângulo de repouso

A medida do ângulo de repouso é importante pois é ela que indica a capacidade de escoamento do pó.

Pesou-se uma quantidade aproximada a 10 g de cada amostra. Posteriormente, essa amostra foi vertida em um funil com 75 mm de diâmetro superior (entrada) e 13mm de abertura inferior (saída). O funil foi colocado em um suporte universal, a uma altura fixa de 25 cm da base de saída. Sob o funil, foi colocado um papel A4 para receber a amostra escoada do funil. Quando o pó é totalmente escoado por intermédio do funil, forma-se um cone. A razão entre a sua altura (h) e o raio (r) de sua base, será o ângulo de repouso (α) (OLIVEIRA, 2018).

$$\alpha = \tan^{-1} (2h / r) \quad (\text{eq. 2.15})$$

2.3.5.2 - Solubilidade

Para determinação da solubilidade do pó, pesou-se cerca de 2 g da amostra em um becker de vidro de 100ml e adicionou 50 mL de água destilada em temperatura ambiente. A mistura ficou em agitação constante com a ajuda de um agitador magnético. O tempo decorrido para a dissolução total da mostra foi cronometrado. Para calcular a solubilidade temos o cálculo descrito na Equação 2.16, de acordo com a metodologia de Goula & Adamopoulos (2005).

$$S = \frac{p}{t} \quad (\text{eq. 2.16})$$

em que:

S – solubilidade (g/min)

p – peso da amostra

t – tempo (min)

2.3.5.3 - Molhabilidade estática

Seguindo a metodologia descrita por Hammes (2013), pesou-se aproximadamente 1g da amostra para ser adicionada a um béquer de 200 ml, contendo 100 ml de água destilada em temperatura ambiente. O tempo decorrido para a completa imersão do pó foi cronometrado.

2.3.5.4 - Densidade aparente

A densidade aparente (ρ_{ap}), foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Caparino et al. (2012). Pesou-se cerca de 2 g da amostra em uma proveta

graduada de 10 ml anotando o volume ocupado pela amostra. Em seguida, calculou-se a relação entre a massa e o volume ocupado (equação 2.17).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{eq. 2.17})$$

em que:

ρ_{ap} – densidade aparente (g/cm³)

m – massa (g)

v – volume (cm³)

2.3.5.5 - Densidade Compactada

Para determinar a densidade compactada (ρ_c), seguiu-se a metodologia de TONON (2013) que consiste pesar cerca de 2 g da amostra em uma proveta graduada de 10 mL e aplicar 50 batimentos na proveta sobre a bancada a uma altura fixa de 2,5 cm, anotando o volume ocupado pela amostra. Em seguida, calculou-se a relação entre a massa e o volume ocupado (equação 2.18).

$$\rho = \frac{m}{V_c} \quad (\text{eq. 2.18})$$

em que:

P_c – densidade aparente (g/cm³)

m – massa (g)

V_c – volume (cm³)

2.3.5.6 - Porosidade

A porosidade do pó, foi determinada através da relação entre densidade aparente de densidade real ou compactada, segundo Deshwal et al. 2020.

$$\varepsilon = \left[1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho} \right) \right] \times 100 \quad (\text{eq. 2.19})$$

em que:

ε – porosidade da massa granular (%)

ρ_a – densidade aparente (g/cm³)

ρ – densidade real (g/cm³)

2.3.5.7 - Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A dimensão e a morfologia das partículas do leite em pó, foram analisadas através do microscópio eletrônico de varredura, da marca TESCAN, modelo Vega 3. Para esse modelo de MEV, as amostras devem ser previamente metalizadas com pó de ouro, para que o aparelho consiga fazer a leitura das imagens. As amostras foram metalizadas com o equipamento Quick coater, da Sanyu Electron, modelo SC-701. Após a metalização, as amostras são colocadas em um porta amostras (stubs), com ajuda de uma fita dupla face. Depois observou-se as amostras no microscópio aumentando 200, 300, 500, 1000, 2000 e 5000 vezes. Utilizou-se o software ImageJ para mensurar as partículas.

2.3.5.8 - Cor

Utilizou-se um software (*Calorímetro*) responsável por capturar a cor da amostra através de uma imagem do produto. Para não ter distorção no resultado da análise, a fotografia foi realizada com fonte de luz natural, sem sombras. Todas as amostras foram fotografadas no mesmo horário e posição para não haver interferência da luminosidade. Foram obtidos os parâmetros colorimétricos L, a e b da escala CIELAB, determinados pela Comissão International de l'Éclairage (CIE). O parâmetro L representa a luminosidade (0 totalmente preto e 100 totalmente branca), a* define a transição da cor verde (-a*) para o vermelho (+a*) (verde - 120 e vermelho +120) e b* representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*) (-120 azul e +120 amarelo).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 – Planejamento Experimental e rendimento (Rd)

As secagens do leite de cabra foram realizadas utilizando o planejamento Box-Behnken (1960) e as análises estatísticas foram concretizadas com o auxílio do *Software Statistica 12*.

Os experimentos foram realizados seguindo a matriz mostrada na Tabela 2.5, em que são apresentadas as variáveis de entrada (reais e codificadas e seus níveis respectivos), a temperatura de saída (fornecida pelo equipamento) e o rendimento (%) correspondente a cada secagem.

Tabela 2.5 – Rendimento dos experimentos (Rd (%)) e matriz do experimento. Em que T é a temperatura (C°), VR é a velocidade de rotação do atomizador (VR (Hz)) e CN é a concentração do leite (Con. (%)).

Experimentos	Variável codificada			Variável real (unidade)			Temperatura de saída	Resposta
	T	VR	CN	T(C°)	VR(Hz)	Con.(%)	T(C°)	Rd (%)
1	-1	-1	0	170	300	30	73	65
2	1	-1	0	210	300	30	85	70
3	-1	1	0	170	500	30	68	79
4	1	1	0	210	500	30	85	77,2
5	-1	0	-1	170	400	20	65	67
6	1	0	-1	210	400	20	70	72,5
7	-1	0	1	170	400	40	80	71,8
8	1	0	1	210	400	40	85	76,3
9	0	-1	-1	190	300	20	77,5	67,1
10	0	1	-1	190	500	20	71	73,2
11	0	-1	1	190	300	40	85	69,7
12	0	1	1	190	500	40	78	75,7
13	0	0	0	190	400	30	79	81,8
14	0	0	0	190	400	30	76	80,5
15	0	0	0	190	400	30	78	79,8

O nível de confiança do experimento foi de 95% (probabilidade de significância $p = 0,05$). Observou-se que o rendimento dos experimentos de secagem ficaram entre 65 e 81%. O experimento que obteve menor rendimento foi o 1, no qual tinha como parâmetros de secagem: 170 °C/300 Hz/30%, ou seja, menor temperatura e velocidade

de atomização e concentração intermediária. Já o experimento que obteve o maior rendimento foi o 13, ponto central, que tem todos os parâmetros intermediário: 190 °C/400 Hz/30%.

2.4.1.1 – Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto (Figura 2.5), evidencia que a velocidade de atomização linear (VR) foi o parâmetro que mais influenciou o rendimento da secagem. Observa-se que ao aumentar os parâmetros (velocidade de atomização, concentração e temperatura), em especial a velocidade de atomização, maior é o rendimento da secagem.

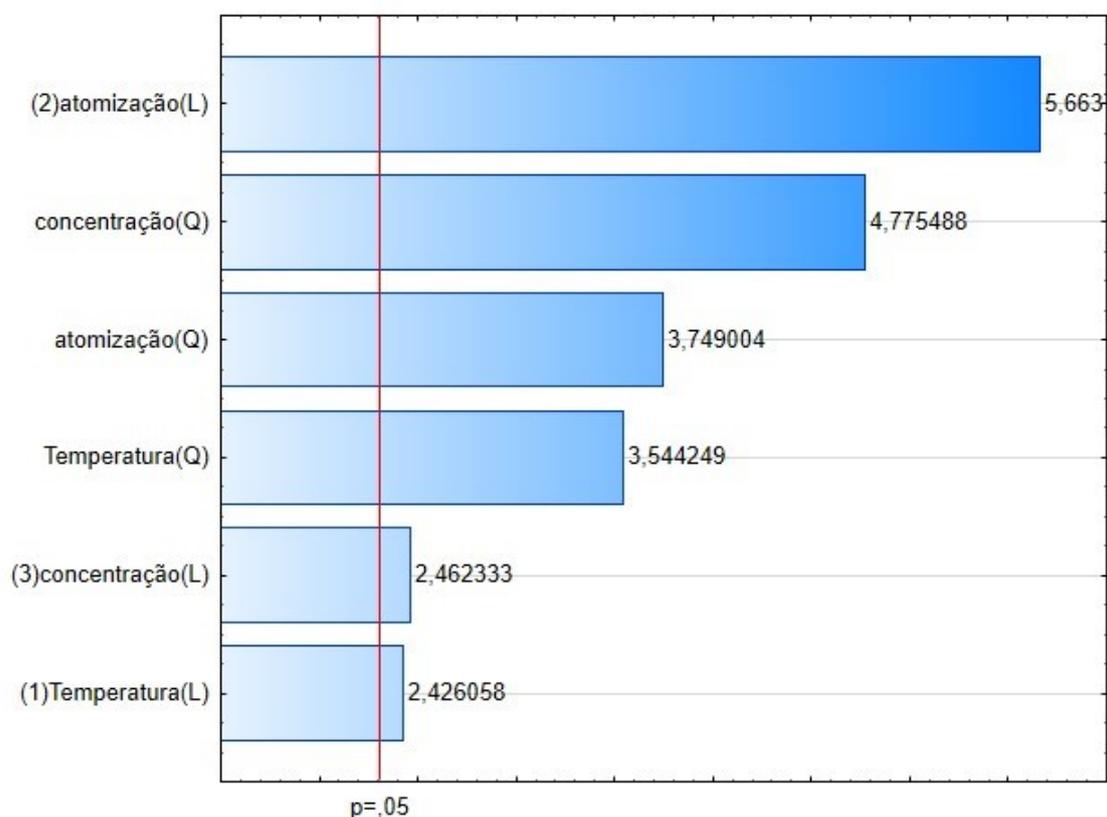


Figura 2.5 – Diagrama de Pareto dos efeitos individuais e combinados em relação ao Rendimento (Rd %)

2.4.1.2 – Análise de variância (ANOVA)

Além do gráfico de Pareto, foi realizada a análise de variância (ANOVA), para confirmação da significância estatística dos efeitos das variáveis de entrada do rendimento (Tabela 2.6). Essa análise, apresenta mais propriedades de efeitos dos parâmetros de entrada sobre o rendimento.

Tabela 2.6 – Análise de variância (ANOVA) para o rendimento. Em que: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R²

ANOVA			
Fator	F	P	R ²
(T + T ²) Temperatura (L + Q)	40,6088	0,024033	91,5%
(VR + VR ²) Atomização (L + Q)	101,5528	0,009751	
(CN + CN ²) Concentração (L+Q)	63,5486	0,015492	

2.4.1.3 – Modelo proposto

A seguir, observa-se a equação do modelo polinomial de segunda ordem, que expressa a influência das variáveis independentes para a resposta do rendimento. Tal equação foi gerada pelo método dos mínimos quadrados, estimando-se os coeficientes de regressão do modelo, em função das variáveis de entrada codificadas, com o auxílio do programa Statistica 12.

$$Rd = 80,72917 + 1,78855 T - 3,84610 T^2 + 4,17543 VR - 4,06829 VR^2 + 1,81529 CN - 5,18220 CN^2$$

(eq. 2.20)

Observa-se que o modelo ajusta-se muito bem aos dados experimentais, visto que o R² foi de 91,5%.

2.4.1.4 – Análise de resíduos

Verifica-se no gráfico (Figura 2.6) que os resíduos são baixos com distribuição em torno do zero e se comporta de modo aleatório, confirmando que os mesmos são independentes dos valores preditos.

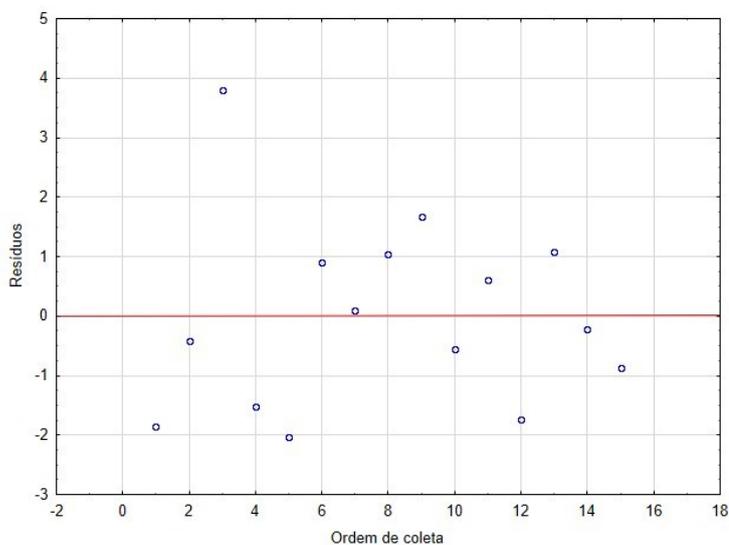


Figura 2.6 - Gráfico dos resíduos x ordem de coleta dos dados

2.4.2 – Análises físico-químicas do leite em pó

Na Tabela 2.7 verifica-se os valores médios de cada experimento, alcançados nas análises físico-químicas realizadas com o leite em pó de cabra obtido através da secagem por atomização.

Tabela 2.7– Valores médios das análises físico-químicas do leite em pó. Valores de referência de acordo com a IN para leite de cabra nº37. * De acordo também com IN para leite em pó 53/2018.

Experimentos	Média das análises			
	Teor de água b.u (%)	pH	Teor de cinzas (%)	Acidez em ácido láctico (%)
1	3,89	6,25	4,48	1,32
2	2,44	6,25	4,69	1,33
3	3,65	6,32	4,43	1,27
4	2,32	6,25	4,48	1,32
5	3,13	6,39	4,35	1,21
6	3,67	6,37	4,25	1,33
7	1,74	6,35	4,25	1,35
8	2,41	6,35	4,31	1,35
9	3,88	6,39	4,45	1,28
10	4,31	6,46	4,31	1,20
11	2,25	6,35	4,35	1,27
12	2,13	6,25	4,31	1,32
13	2,13	6,45	4,30	1,23
14	2,06	6,44	4,32	1,23
15	2,57	6,40	4,33	1,23
Valor de referência	<5,0*	+/-6,45	> 0,70	< 1,8*

Em experimento de secagem de leite integral de vaca, Perrone et al. (2013) obtiveram teor de água variando de 1,60 a 2,20%. Eles concluíram que o experimento que obteve maior teor de água foi aquele com temperatura de entrada mais baixa, menor vazão de ar e menor temperatura de saída do ar. Observou-se também que controlar apenas um único atributo durante a secagem, impossibilita a padronização do teor de água do produto.

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite em Pó (Portaria nº 146 de 7 de março de 1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) diz que o limite de umidade para o leite em pó integral é de até 3,5%. Segundo Medeiros et al. (2014) o melhor é que essa umidade ou teor de água esteja entre 2 e 3%. Abaixo de

2 a gordura fica propensa a reações de oxidação e acima de 3 o alimento fica mais susceptível a deterioração. Considerando o limite de teor de água de 3%, percebe-se que apenas 9 (observa-se na Tabela 2.8 em negrito) dos 15 tratamentos propostos ficaram com esse teor de umidade adequado. A faixa de teor de água atingida no experimento em questão foi de 1,74 a 4,31%, respectivamente o tratamento 7 (170 °C/400 Hz/40%) e o 10 (190 °C/500 Hz/20%). No entanto, a instrução normativa n° 53 de 2018 também do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento diz que a umidade máxima para o leite em pó, seja ele integral, parcialmente desnatado ou desnatado é de 5%. Seguindo esse parâmetro, todos os tratamentos estão dentro da faixa de umidade aceitável para o produto.

Santos et al. (2019) avaliando a qualidade do leite de cabra de diferentes raças em uma propriedade de Monteiro – PB observaram que o pH variou entre 6,23 a 6,54. Tal parâmetro garante as condições de industrialização e assegura a qualidade do produto e determina sua vida de prateleira. De acordo com Mensen (2015) o leite de cabra não tem especificação própria pra pH, se assemelhando ao de vaca em que o ideal varia de 6,60 a 6,80 para o leite in natura. Davis et al. (2017) em seus estudos, caracterizaram o leite de pó em cabra comercial e obtiveram pH de 6,3. Já Oliveira et al. (2016) analisaram o leite de cabra e obtiveram pH de 6,60, estando dentro da faixa ideal, valor esse, muito semelhante ao observado por Cais - Sokulinska et al. (2016) os quais obtiveram pH de 6,65 para o leite de cabra. Medeiros et al. (2014), também conseguiram valores de pH satisfatório (6,78 e 6,80), porém, utilizando leite de vaca. Santos et al. (2012), trabalhando com leite caprino, alcançaram valores de pH um pouco mais baixo 6,51 a 6,68.

Neste trabalho observou-se que o pH variou de 6,25 a 6,46. Nota-se que apenas alguns tratamentos em negrito na Tabela 2.8, atingiram o pH de 6,40. Contudo, foi verificado também que o leite em pó da marca Caprys, obteve um pH de 6,41, ficando bem no limite.

Kilian et al. (2016) estudaram a produção do leite em pó de ovelha em *spray dryer*, e obtiveram valores de cinzas entre 2,92 e 3,18% . Garndra (2013) obteve um valor bem maior, 5,9% ao analisar as cinzas do leite em pó integral. YAAKUB et al. 2019, também estudando a produção do leite de cabra em pó através do *spray dryer*, alcançou valores do teor de cinza entre 4,04 a 6,12. No presente trabalho, os valores do teor de cinzas encontrado foi de 4,25 a 4,69%, sendo compatível com os teores encontrados na literatura e com a legislação.

Em trabalho realizado com leite de cabra e adição de *Lactobacilos plantarun*, variando a porcentagem de 2,5 a 7%, Yurlisni et al. (2019) analisando a acidez em ácido láctico obtiveram os valores de 1,01 a 1,41% para o leite em pó e de 1,63 a 1,71

para o leite de cabra líquido. Pádua et al. (2019), em seus estudos com leite caprino, constatou acidez entre 1,80 a 1,84%, observando um desacordo com a legislação que diz que a acidez deve ser entre 1,3 a 1,8. Alves et al. (2020), obtiveram valores dentro da legislação em seu estudo com leite caprino in natura. A acidez obtida por eles foi de 1,4 a 1,8%. No presente estudo obteve-se resultados variando de 1,20 a 1,35. O leite em pó de cabra da marca caprys teve sua acidez em 1,05. A instrução Normativa 53 para leite em pó diz que o valor máximo de acidez para o leite em pó integral é de 1,8%, mostrando que todos os tratamentos ficaram dentro da margem indicada pela legislação.

2.4.2.1 – Diagrama de Pareto

A seguir verifica-se os diagramas de Pareto das análises mencionadas acima. Através da leitura do diagrama, é possível identificar os parâmetros que foram significativos estatisticamente para cada análises.

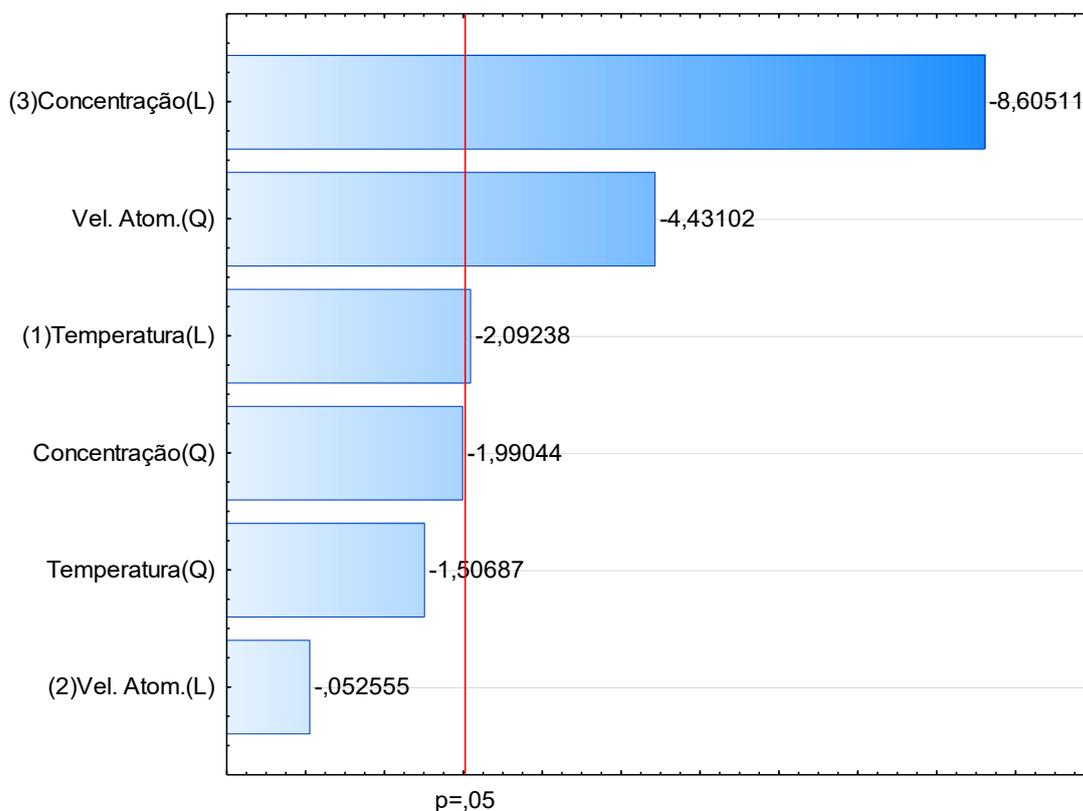


Figura 2.7 – Diagrama de Pareto para teor de água

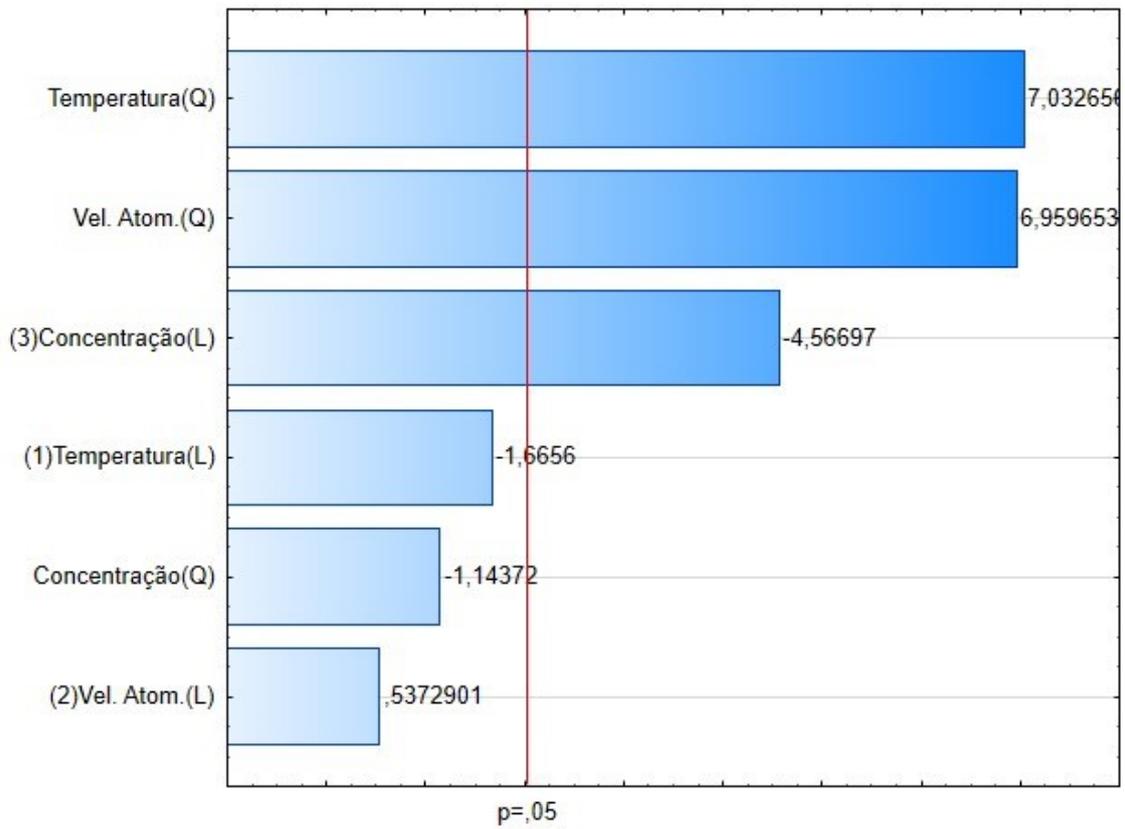


Figura 2.8 – Diagrama de Pareto para pH

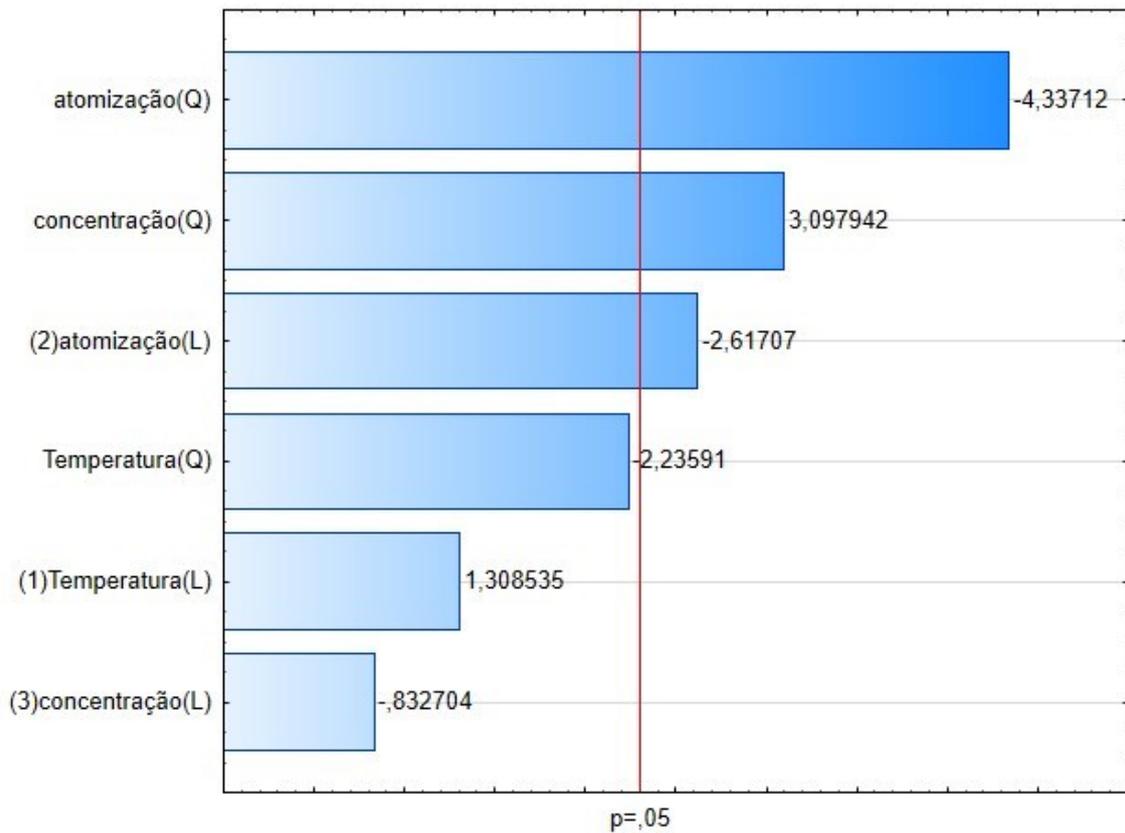


Figura 2.9 – Diagrama de Pareto para cinzas

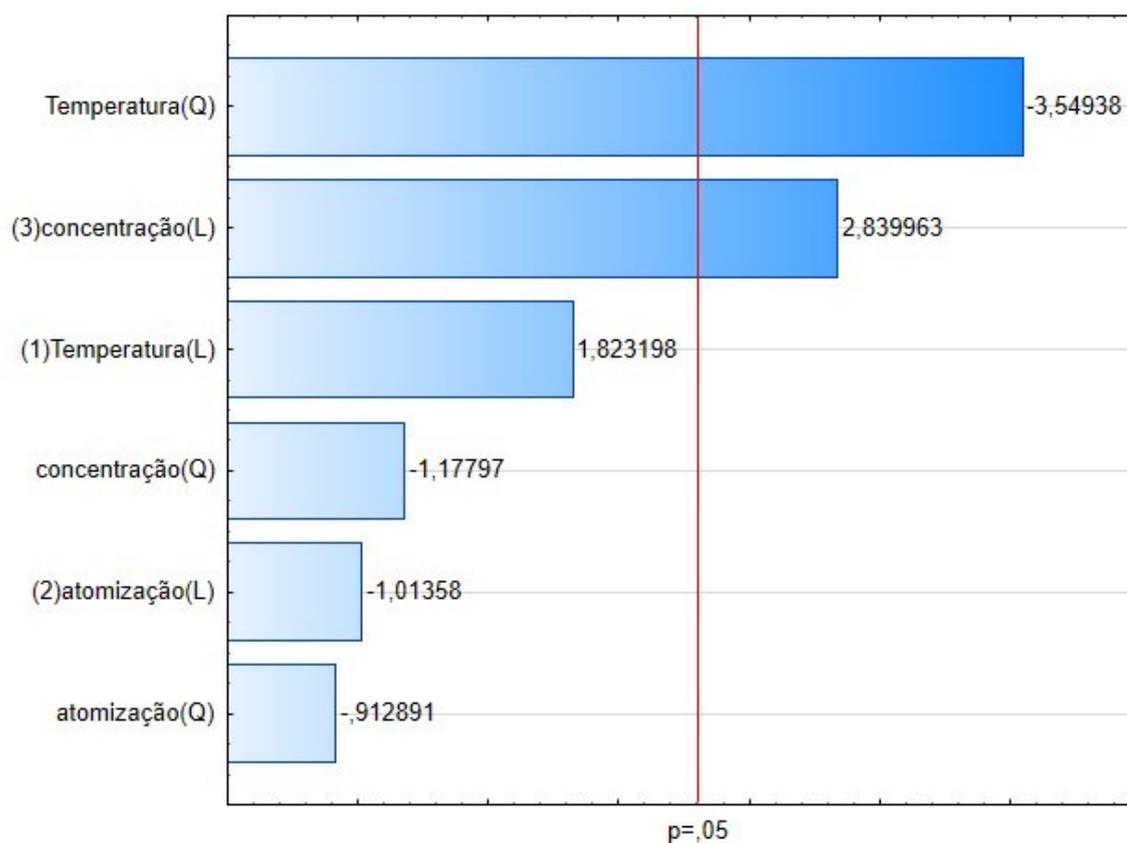


Figura 2.10 – Diagrama de Pareto para acidez

Observa-se, na análise de teor de água (Figura 2.7), que os três parâmetros de secagem influenciaram na resposta, principalmente a concentração em sua forma linear (CN) e a velocidade de atomização em sua forma quadrática (VR^2). A temperatura (T) teve uma influência ínfima. Notou-se também, que ao aumentar os parâmetros, o teor de água é reduzido.

O pH (Figura 2.8) também sofreu influências dos três parâmetros. De forma bem equilibrada, a temperatura e a velocidade de atomização influenciaram na resposta de maneira que ao aumentar esses parâmetros o pH também se eleva. A concentração também influenciou, porém de modo inverso. Ao aumentar a concentração o pH sofre uma redução.

O teor de cinzas, sofreu influência principalmente da velocidade de atomização. Quanto maior a velocidade, menor o teor de cinzas. A concentração também influenciou, porém de maneira inversa, quanto maior a concentração, também maior o teor de cinzas. (Figura 2.9). A temperatura não interferiu nessa análise.

A acidez do leite foi influenciada pela temperatura, quanto maior a temperatura menor a acidez, e pela concentração, quanto maior a concentração maior também a acidez.

2.4.2.2 – Análise de Variância (ANOVA)

Na Tabela 2.8, observa-se a análise de variância (ANOVA) para confirmação da significância estatística dos efeitos das variáveis de entrada nas respostas. O nível de confiança de utilizada nas análises foi de 95% ($p < 0,05$).

Tabela 2.8 – Análise de variância (ANOVA) para teor de água, pH, cinzas e acidez. Em que: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R²: coeficiente de determinação.

ANOVA				
Análises	Fator	F	P	R ²
Teor de água	(T)Temperatura (L)	26,8584	0,000012	0,72
	(VR ²)Atomização (Q)	108,4438	0,000000	
	(CN) Concentração (L)	454,2699	0,000000	
pH	(T)Temperatura (Q)	211,1760	0,000000	0,75
	(VR ²)Atomização (Q)	206,8681	0,000000	
	(CN) Concentração (L)	86,3546	0,000000	
Cinzas	(VR)Atomização (L)	6,84906	0,030790	0,84
	(VR ²)Atomização (Q)	18,81060	0,002488	
	(CN ²) Concentração (Q)	9,59724	0,014712	
Acidez	(T ²)Temperatura (Q)	12,59811	0,007516	0,76
	(CN) Concentração (L)	8,06539	0,021813	

O valor do R², mostra o quanto o modelo gerado (próximo tópico, equações 2.21, 2.22, 2.23 e 2.24) é capaz de explicar as variabilidades experimentais. Observa-se que os modelos, conseguem explicar de modo satisfatório.

2.4.2.3 – Modelos propostos

Através do tratamento estatístico é possível apresentar o modelo polinomial de segunda ordem, expressando a influência das variáveis independentes para as respostas baseado nos coeficientes de regressão.

Pelo método dos mínimos quadrados, no programa Statistica 12, são estimados os coeficientes de regressão do modelo polinomial para teor de água (TA), pH (pH), teor de cinzas (TC) e acidez (AZ) (equações 2.21, 2.22, 2.23 e 2.24), em função das variáveis de entrada codificadas (Tabela 2.6).

$$TA = 2,535845 - 0,196217 T + 0,577158 VR^2 - 0,806961 CN \quad (\text{eq. 2.20})$$

$$pH = 6,436923 - 0,081282 T^2 - 0,080449 VR^2 - 0,035417 CN \quad (\text{eq. 2.21})$$

$$TC = 4,316667 - 0,055000 VR + 0,134167 VR^2 - 0,095833CN \quad (\text{eq. 2.22})$$

$$AZ = 1,234357 + 0,062040 T^2 + 0,033724 CN \quad (\text{eq.2.23})$$

2.4.2.4 – Análise de resíduos

Através da Figuras 2.11, 2.12, 2.13 e 2.14, percebe-se que os resíduos das análises de teor de água, pH, cinzas e acidez tem distribuição aleatória, mostram-se independentes dos valores preditos, distribuidos aleatoriamente, não apresentando comportamento tendencioso.

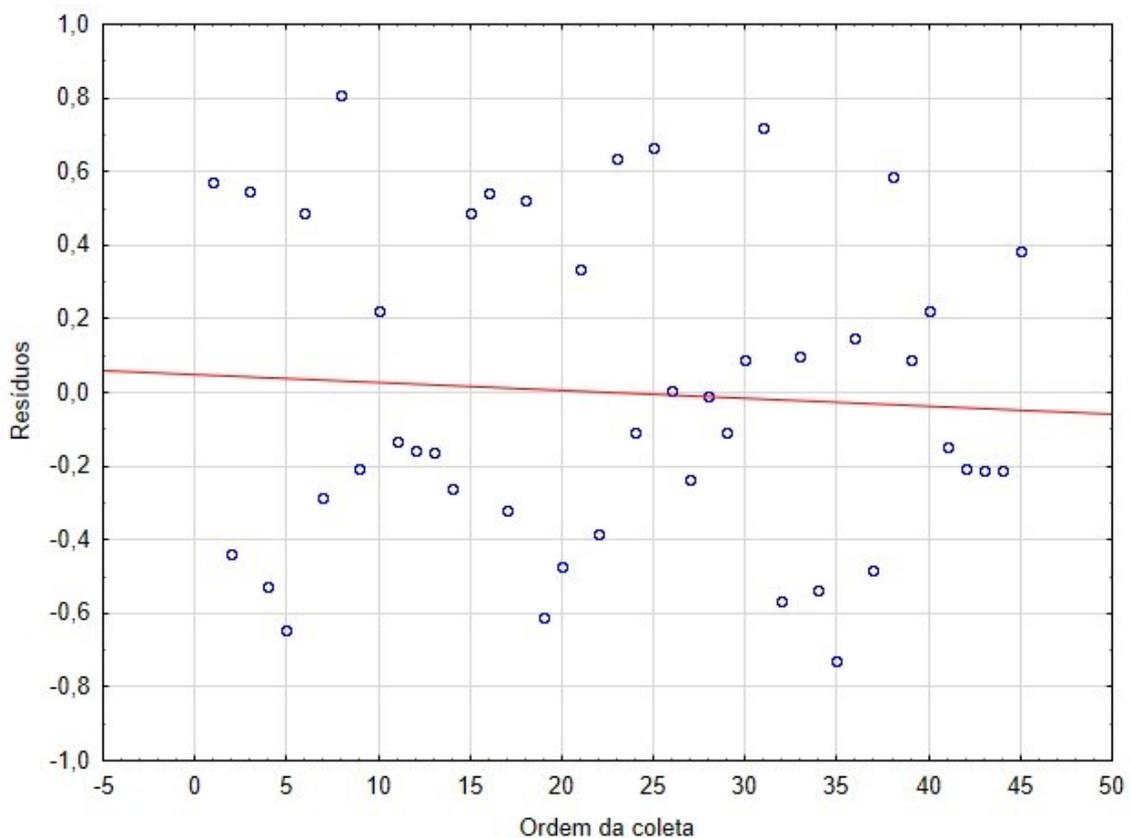


Figura 2.11 – Gráfico para teor de umidade

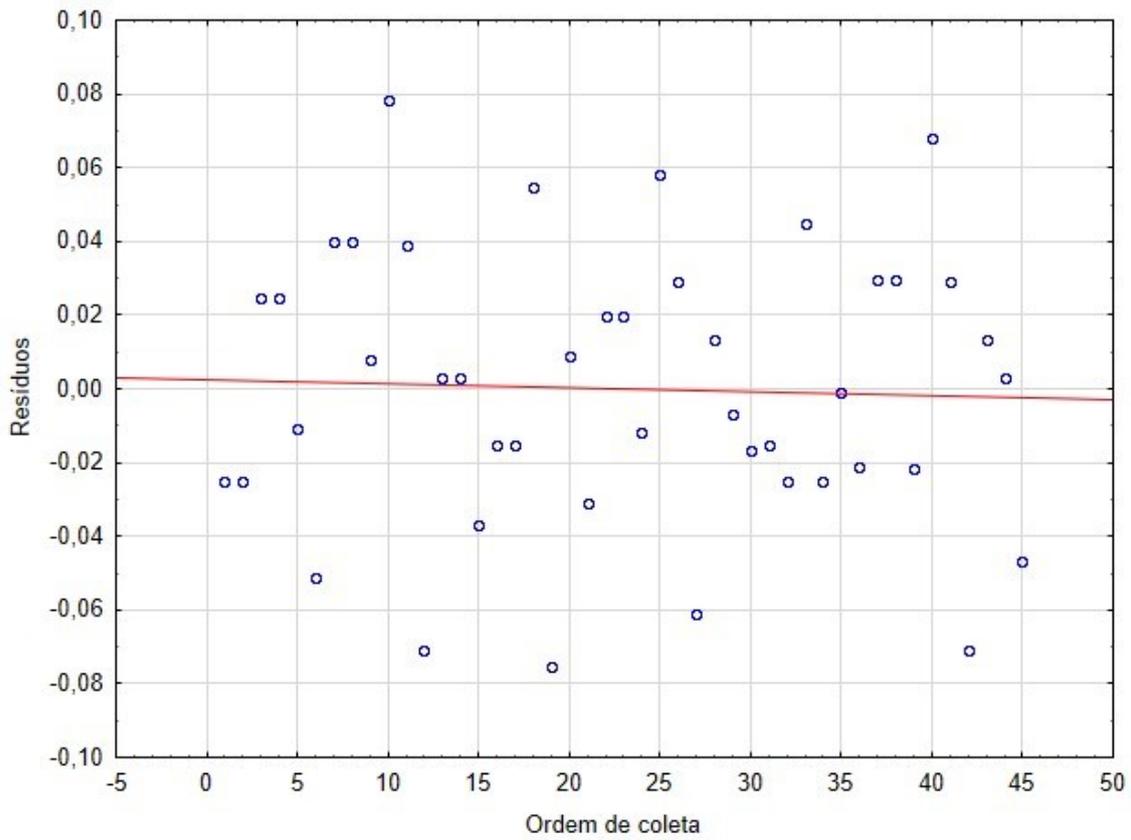


Figura 2.12 – Gráfico para pH

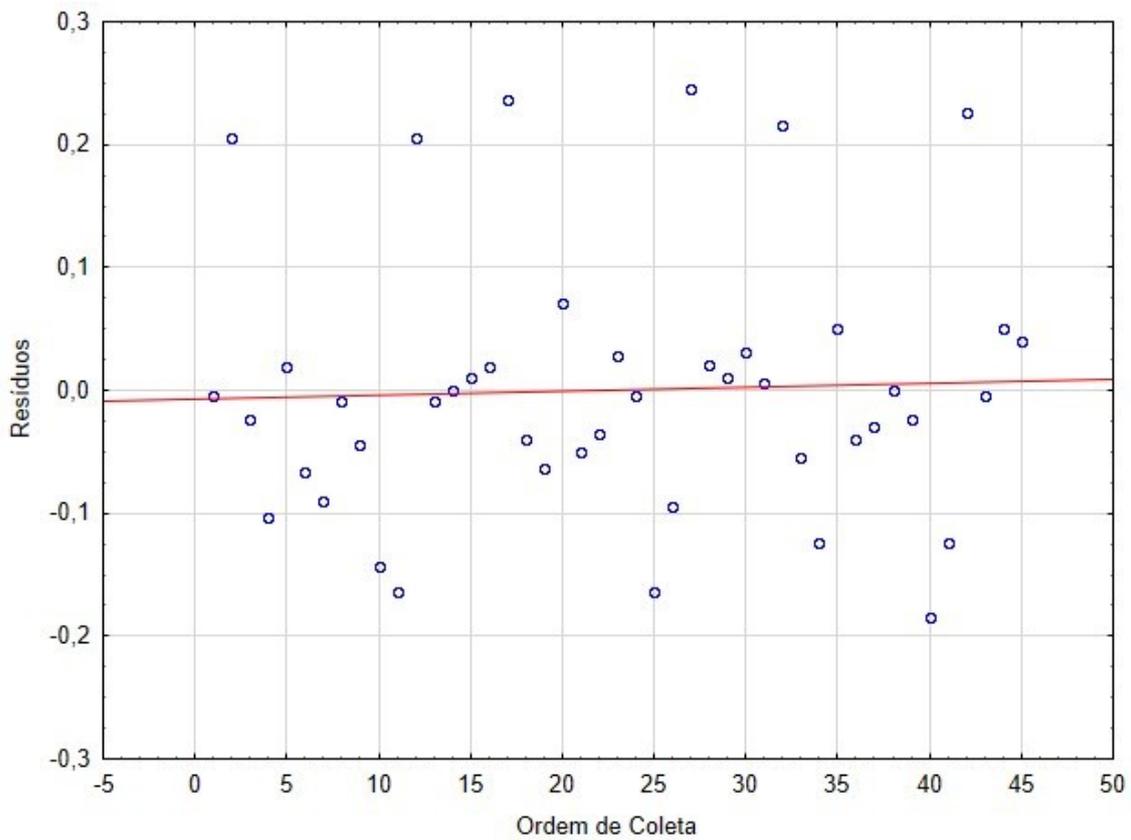


Figura 2.13 – Gráfico para teor de cinzas

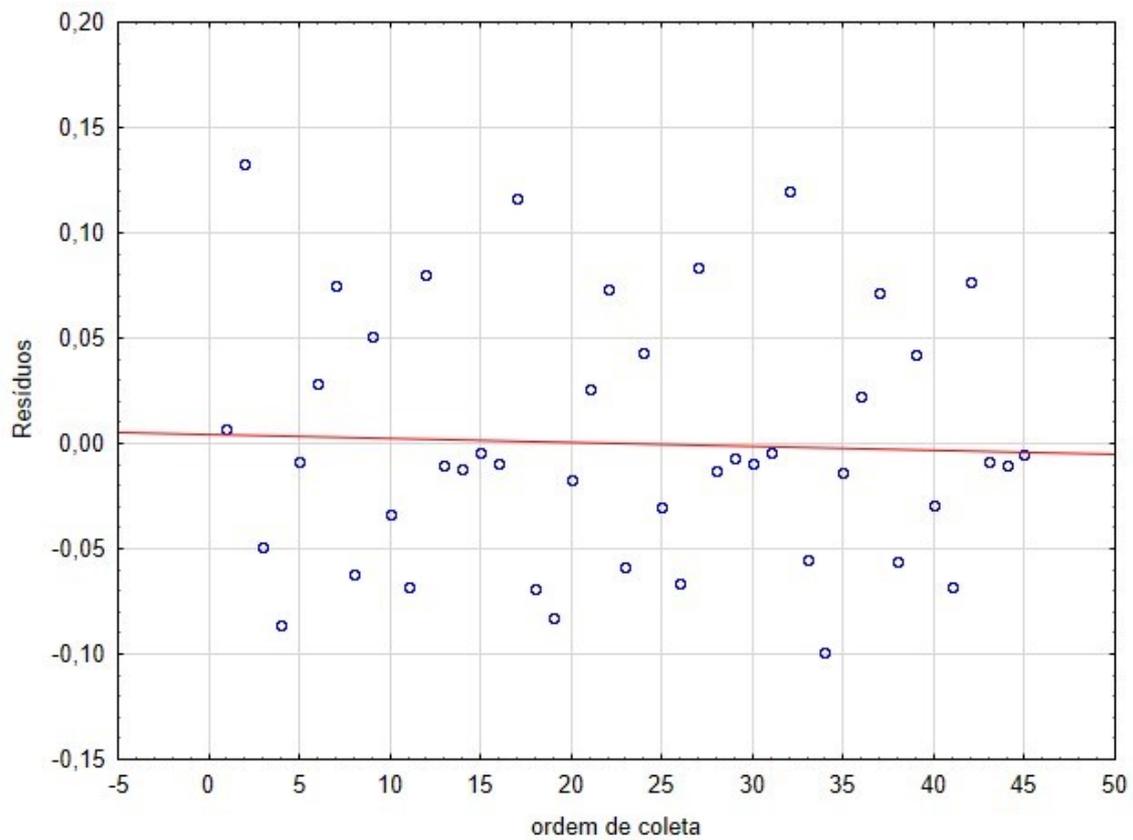


Figura 2.14 – Gráfico para acidez

2.4.3 – Análises físico-químicas do leite reconstituído

Na Tabela 2.9 observa-se os valores médios de cada experimento, obtidos nas análises físico-químicas realizadas com o leite em pó reconstituído.

Tabela 2.9– Valores médios das análises físico-químicas do leite em pó.

Valores de referência de acordo com a IN n°37 (outubro de 2000). * De acordo também com IN 53/2018. ** Não consta nas INs.

Experimentos	Média das análises						
	Gordura(%)	SNG(%)	Densidade kg/m ³	Proteína (%)	Lactose (%)	Crioscopia (°C)	sais
1	3,34	9,10	1030,97	3,40	5,10	-0,50	0,78
2	3,39	8,70	1030,98	3,32	4,88	-0,52	0,75
3	3,15	8,60	1030,35	3,36	4,88	-0,54	0,78
4	3,43	9,0	1031,99	3,48	5,06	-0,50	0,79
5	3,33	8,90	1031,80	3,28	4,85	-0,53	0,75
6	3,44	8,67	1032,04	3,29	4,84	-0,54	0,73
7	3,29	8,93	1031,75	3,27	4,88	-0,52	0,73
8	3,53	9,33	1033,19	3,44	5,02	-0,50	0,78
9	3,65	9,03	1032,18	3,45	5,03	-0,49	0,68
10	3,52	8,88	1032,76	3,28	4,84	-0,52	0,74
11	3,41	8,80	1031,13	3,25	4,84	-0,51	0,68
12	3,31	8,73	1031,42	3,24	4,80	-0,55	0,73
13	3,42	9,53	1032,98	3,44	5,26	-0,56	0,75
14	3,45	9,50	1032,96	3,43	5,24	-0,57	0,78
15	3,46	9,53	1033,01	3,42	5,23	-0,56	0,77
Valor de referência	≥2,6*	> 8,20	1,0280 a 1,0340	> 2,8	> 4,3	> - 0,530°C	0,70**

Coelho et al. (2018), analisaram diversos leites de cabras de propriedades variadas no estado de Pernambuco e foi encontrado valores de gordura de 2,79 a 5,76%. Observou-se que os valores encontrados por eles estavam dentro dos requisitos exigidos pela legislação no qual diz que o teor de gordura deve ser > 2,6% para leite integral (BRASIL, 2000). Lima (2018), no entanto, avaliou a qualidade do leite de cabra em diferentes ordens de parto (primeira, segunda e terceira ou mais parição). Ele constatou que não houve diferença significativa entre as partições no teor de gordura, encontrando valores de 2,52% (primeira parição), 3,4% (segunda) e 2,69% (terceira). Vilar et al. (2018) estudaram as alterações do leite de cabra alimentadas com o feijão Guandu, obtendo índices de gordura de 2,98 a 3,26% e concluindo que esse tipo de alimento pode compor até 48% do volume da dieta das cabras em lactação sem comprometer a produção e a composição química do leite.

No estudo presente, os valores médios de gordura variaram entre 3,15 e 3,65%, estando dentro dos requisitos da legislação. O que demonstra também, que as variáveis

de entrada, embora tenham influenciado significativamente os experimentos, não alterou o teor de gordura a ponto de ficar fora do exigido pela legislação. Analisando o teor de gordura do leite em pó da marca Caprys, o mesmo obteve uma média de 3,49%.

Silva et al. (2019) estudaram a composição do leite de cabra em diferentes dias da fase da lactação e obtiveram valores para SNG de 8,48 a 8,59%, não se mostrando uma diferença significativa. Pequeno (2018), estudando diferenças raças de cabras no município de Serra Branca na Paraíba encontrou valores de 8,99 a 9,29%, também não encontrando diferença significativa entre as amostras.

Nesse estudo, encontrou-se valores médios de SNG de 8,60 a 9,53%, apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, todos estão dentro dos padrões especificados na legislação, que pede valores maior que 8,20%.

Estudando a influência do período de lactação nas características físico-químicas do leite de cabra Silva. et al. (2017) perceberam que os valores da densidade ficaram praticamente estáveis no período de lactação, com valor médio de 1035 kg/m³. Nesse período percebeu-se uma diferença estatística na 16^a semana que o valor observado foi maior do que 1.036,89 kg/m³. Barros et al. (2019) avaliando os parâmetros de qualidade do leite de cabra comercializados na cidade de Monteiro – PB, observaram valores de densidades de acordo com Instrução Normativa 37/2000 que estabelece valores de densidade entre 1,028 a 1,034 Kg/m³. De acordo com os mesmos autores, valores abaixo da faixa estabelecida pode indicar adição de água e valores acima, pode ser fraude por adição de outras substâncias ou ainda o desnate do leite.

No presente trabalho a densidade média oscilou entre 1030,35 a 1033,19, ficando na faixa estabelecida pela legislação.

Santos (2019), avaliando o leite de cabra produzido no município de Gurjão – PB, encontrou valores de proteína de 2,79 a 3,72%, ele explica que essa variação pode ter ocorrido por diversos motivos como raça, estágio de lactação, clima, alimentação deficiente, entre outros fatores. Percebe-se que ele encontrou valor um pouco abaixo do permitido pela legislação (IN 37/2000), no qual especifica que o valor de proteína deve ser de no mínimo 2,8%. Figueiredo (2017), analisando o leite de cabra da macrorregião da zona da mata mineira, encontrou valores de proteína de 2,29, ficando abaixo do permitido pela legislação, até 4,3%. A média geral das análises ficou em 3,33%, condizendo com os resultados encontrados na literatura de forma geral.

Todos os valores encontrados no presente trabalho também foram condizentes tanto com a legislação como com a literatura de modo geral. Encontraram-se valores médios entre 3,24 a 3,48%.

Ribeiro (2020), analisando o leite de cabra in natura e pasteurizado, observou valores de lactose de 3,55 a 3,79% para o leite in natura e 3,69 a 4,04% para o

pasteurizado verificando que o teor de lactose, tanto do leite in natura como o pasteurizado estava abaixo do preconizado pela literatura (vide Tabela 2.9). Pádua et al. (2019), analisando o leite caprino produzido no Distrito Federal, observaram valores compatível com a legislação, em que o menor teor de lactose foi de 4,93% e o maior 5,03%. Anghel et al. (2019), estudando a composição química do leite de cabras cárpatos em condições agrícolas semi-intensivas, de uma fazenda na Romênia, obtiveram valores máximo de lactose de 4,36% para as cabras primíparas e de 4,58% para as multiparas, observando que existe diferença significativa entre as parições dos animais.

Nesse estudo foram obtidos valores entre 4,00 a 5,26% no teor de lactose do leite de cabra em pó, reconstituído, ficando também dentro do percentual exigido pela legislação brasileira.

Souza (2019), estudando a influência da alimentação na qualidade do leite de cabra, obteve índices crioscópicos variando de -0,517 a -0,31 °H ou -0,499 °C e -0,512 °C respectivamente. Analisando o leite de cabras transgênicas, Carneiro et al (2018), observaram que o ponto de congelamento foi de -0,550 °H, para todos os tipos de cabra, não encontrando diferença significativa entre os experimentos.

Com a diferenciação dos parâmetros de secagem do leite de cabra, obteve-se nessa pesquisa um índice crioscópico entre - 0,499 a -0,568 °C. O ponto de congelamento mais baixo (-0,568 °C) foi obtido no experimento 13 (190°C/300 Hz/30%). Já o ponto mais alto (-0,499 °C) foi o experimento 9 (190°C/400 Hz/20%). Alguns experimentos tiveram resultados fora da especificação da legislação para o índice crioscópico. Matysek et al. (2011) relataram que o ponto crioscópico do leite não está apenas ligado a adição de água ao produto, mas sua própria composição também interfere, como a quantidade de proteína e teor de sólidos no geral, como também a raça do animal e manejo de criação, que não vem a ser relevante para esse estudo.

Vicente et al. (2020) analisando a relação da dieta das cabras e a composição do leite encontraram teor de sais entre 0,64 a 0,70%, não obtendo diferença significativa nesse componente. Santos (2019) obteve valores médios de 0,76%, estando dentro dos padrões nacionais que diz que o valor mínimo deve ser de 0,70%.

Neste experimento, em apenas um tratamento obteve-se o valor médio para sais abaixo do exigido pela legislação, 0,70%, porém, foi um valor muito próximo ao da legislação, 0,68%, não acarretando uma baixa significativa na qualidade do produto. O tratamento que apresentou esse valor mais baixo foi o 9 (190 °C/300 Hz/20%).

2.4.3.1 – Diagrama de Pareto

Os diagramas de Pareto oferecem uma visão clara do nível de interferência que cada parâmetro teve.

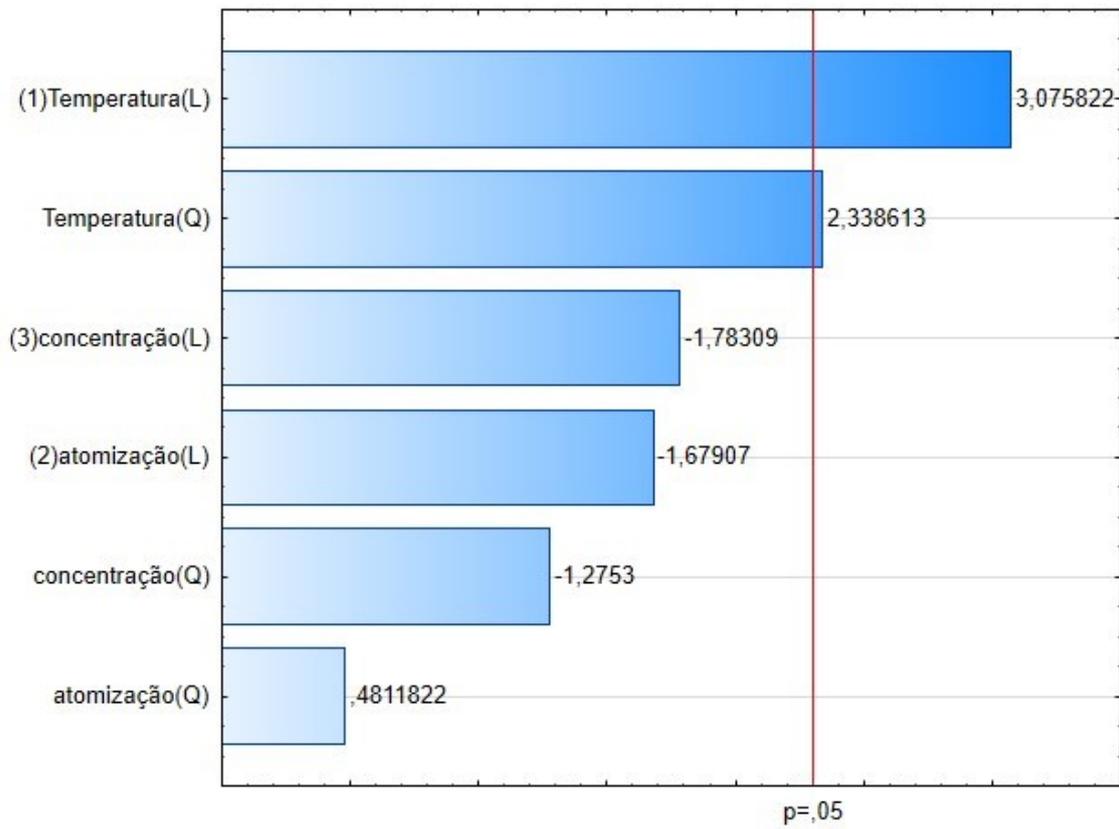


Figura 2.15 – Diagrama de Pareto para gordura

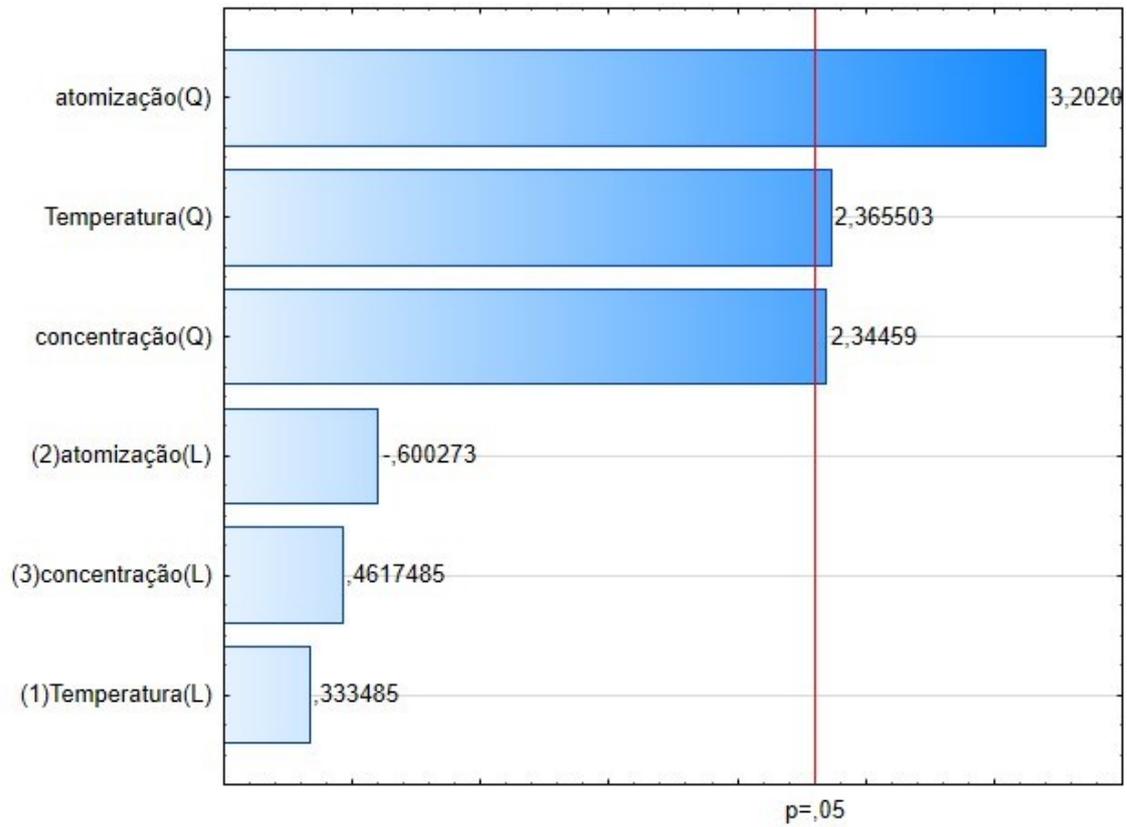


Figura 2.16 – Diagrama de Pareto para SNG

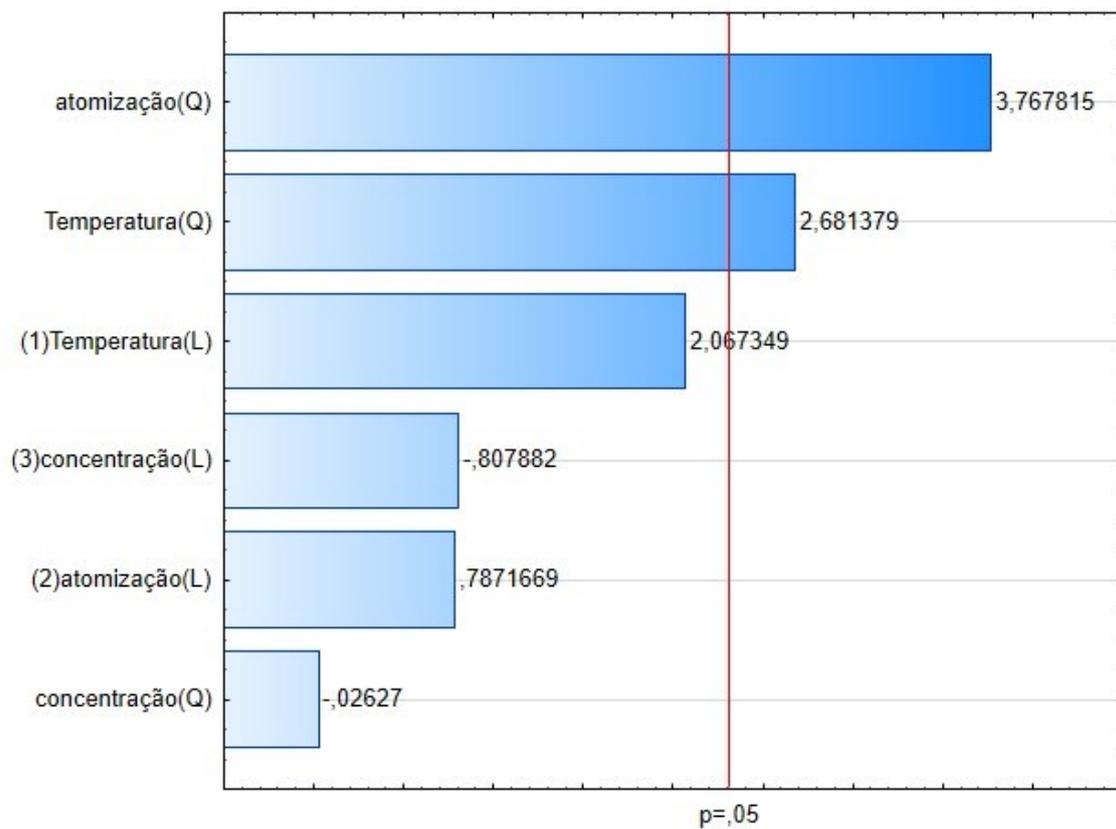


Figura 2.17 – Diagrama de Pareto para densidade

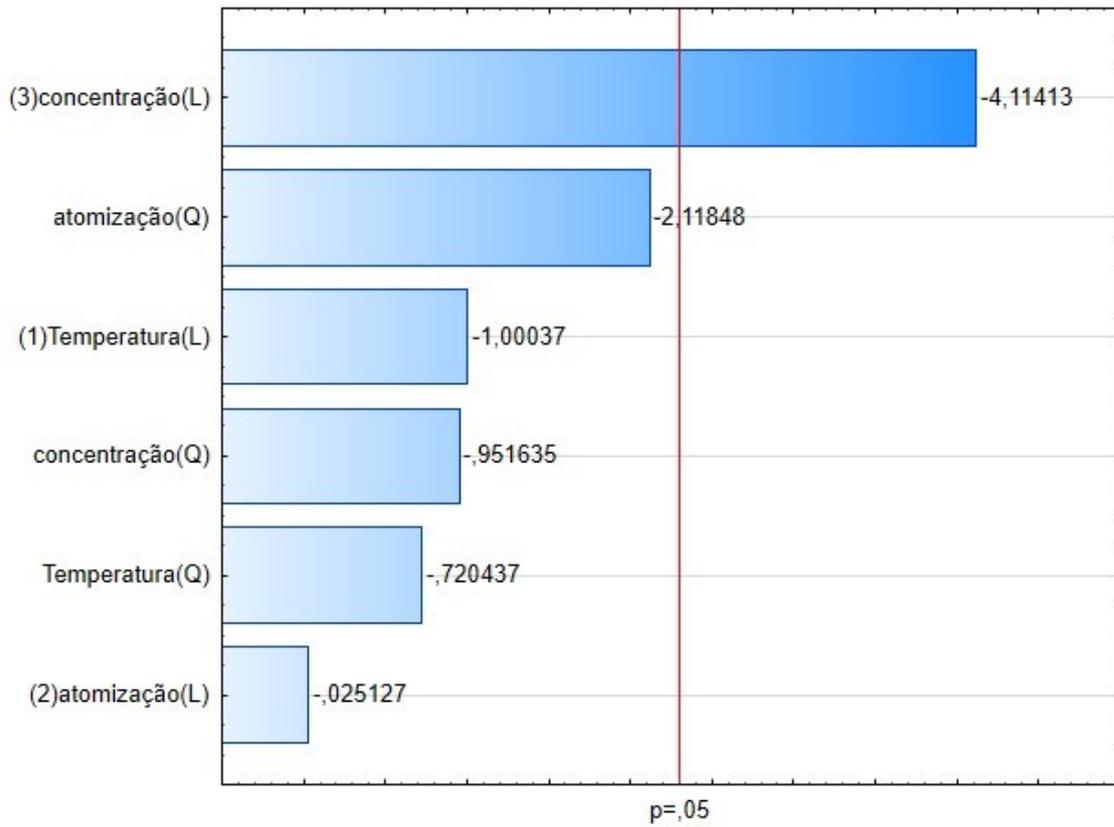


Figura 2.18 – Diagrama de Pareto para proteína

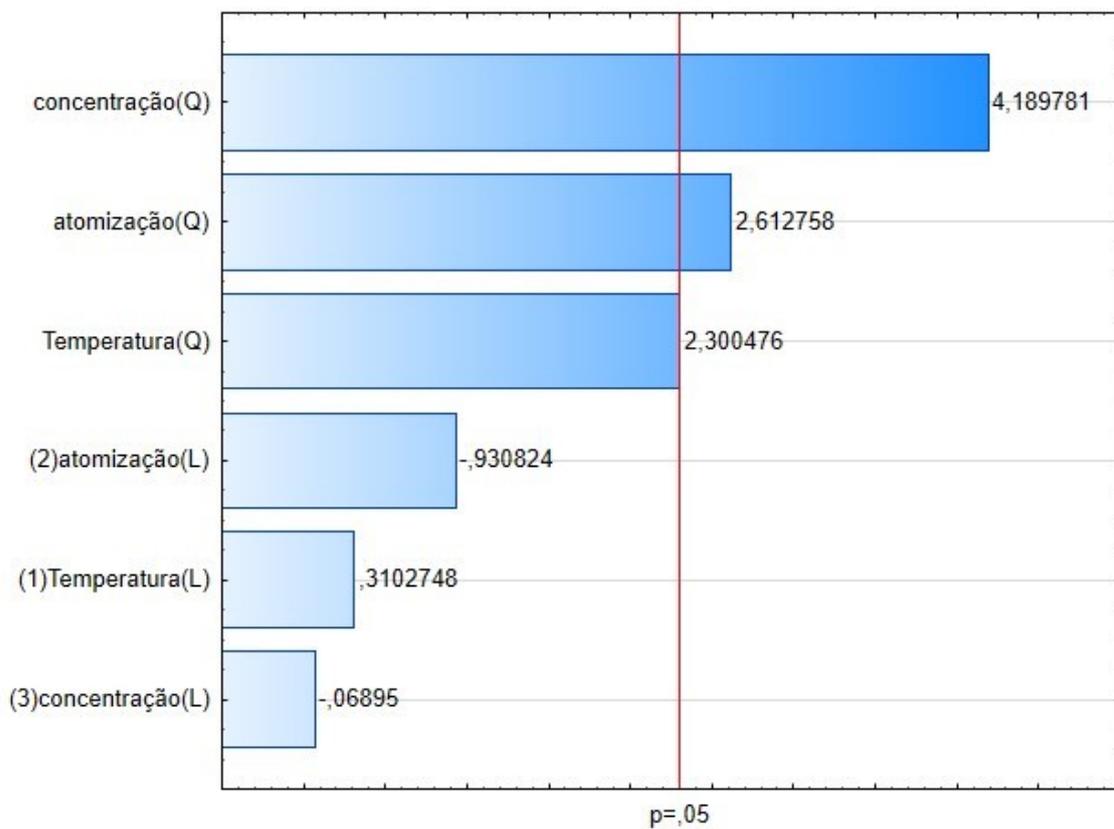


Figura 2.19 – Diagrama de Pareto para lactose

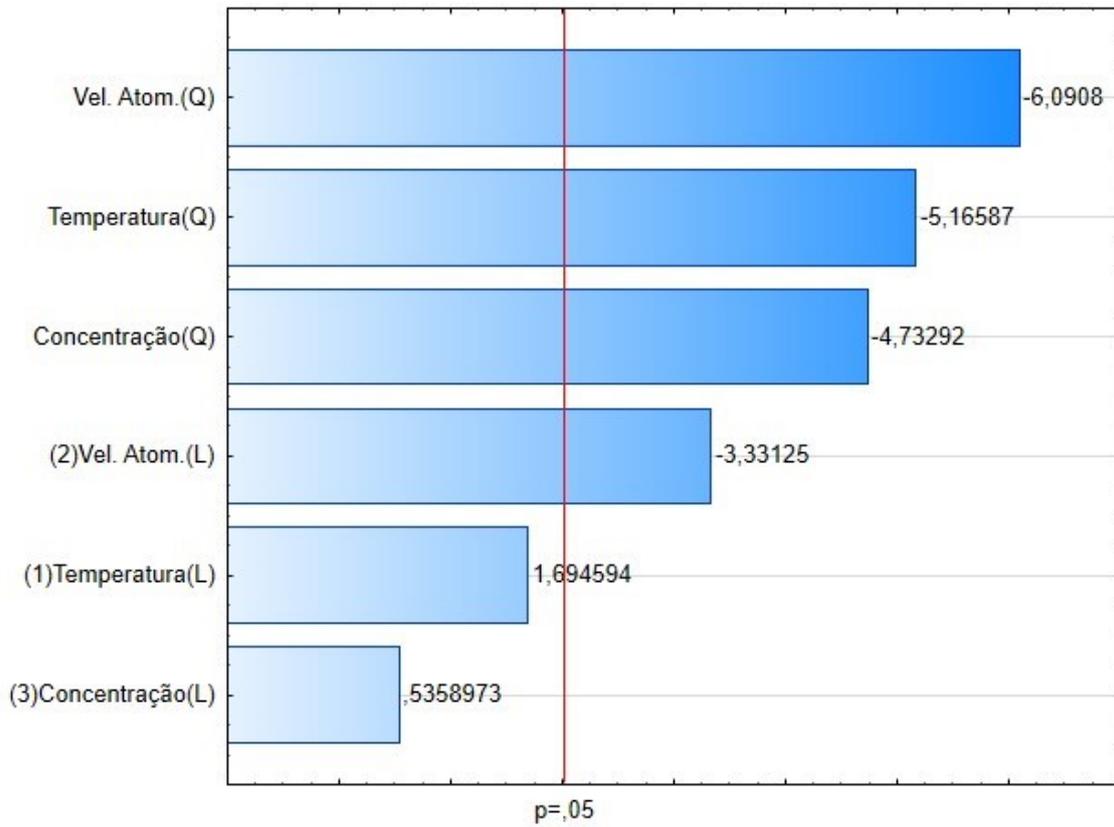


Figura 2.20 – Diagrama de Pareto para crioscopia

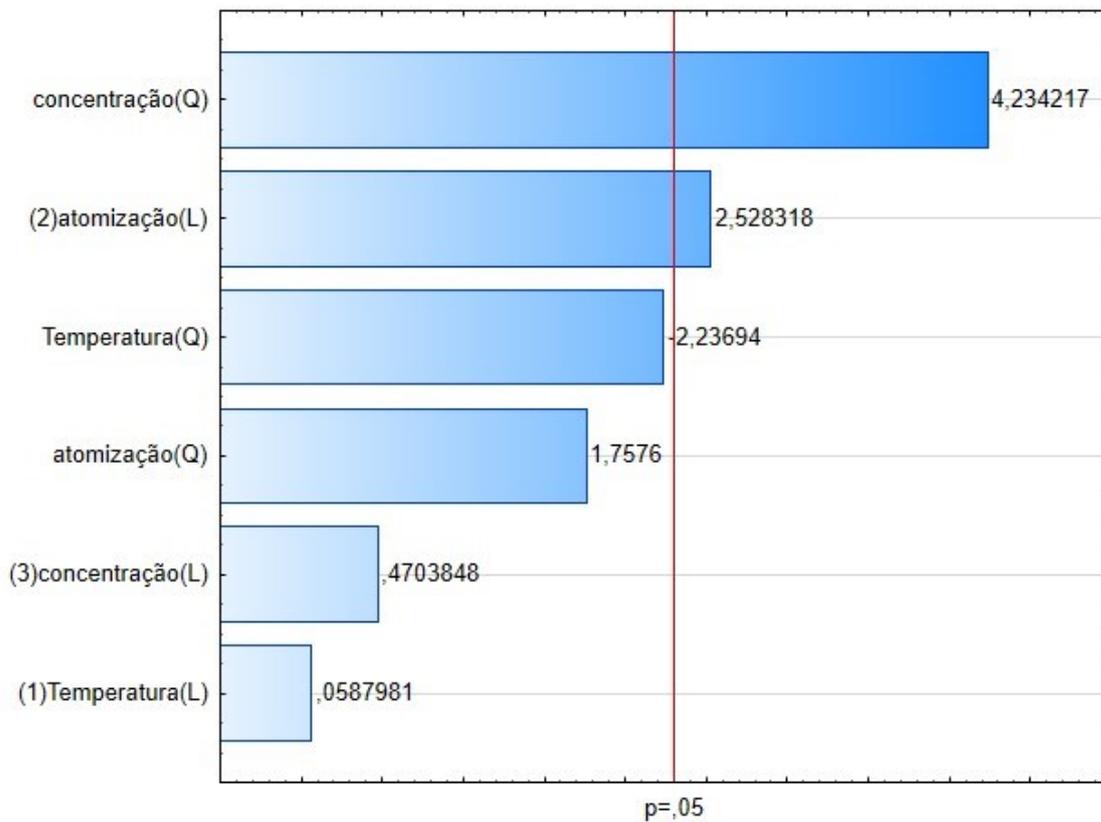


Figura 2.21 – Diagrama de Pareto para sais

Através do gráfico de Pareto fica claro que o teor de gordura sofreu influência no processo de secagem, com a modificação da temperatura. Ao elevar a temperatura o teor de gordura também foi aumentado. A concentração e a velocidade de atomização, não influenciaram.

Os sólidos não gordurosos (SNG) sofreram interferência dos três parâmetros, todos de maneira positiva, ou seja, quanto maior a temperatura, concentração e a velocidade de atomização, maior o SNG. O parâmetro que mais influenciou, foi a velocidade de atomização, os outros dois, a interferência foi mínima.

A densidade sofreu muita influência da atomização e da temperatura. Quanto maior a temperatura de entrada e a velocidade de rotação, maior também é a densidade do produto. A concentração não influenciou.

Já a proteína, só sofreu influência da concentração, quanto maior, menor o teor.

Na análise de lactose, percebeu-se que ao aumentar a concentração e a velocidade de atomização, maior o teor de lactose. A concentração foi o parâmetro que mais interferiu na análise. A temperatura não interferiu nessa análise.

Os três parâmetros de secagem, interferiram no ponto de crioscopia do leite. A velocidade de atomização foi a que mais interferiu, seguida da temperatura e concentração. Todas ao aumentar o valor do parâmetro, reduzia a resposta.

2.4.3.2 – Análise de Variância (ANOVA)

Observa-se a análise de variância (ANOVA). O nível de confiança de utilizada nas análises foi de 95% ($p < 0,05$).

Tabela 2.10 – Análise de variância (ANOVA) para gordura, SNG, Densidade, proteína, lactose e crioscopia. Em que: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R^2 : coeficiente de determinação.

ANOVA				
Análises	Fator	F	P	R^2
Gordura	(T)Temperatura (L)	9,460681	0,015213	0,74
	(T ²)Temperatura (Q)	5,469110	0,047518	
SNG	(T ²)Temperatura (Q)	5,59560	0,045565	0,70
	(VR ²)Atomização (Q)	10,25297	0,012574	
	(CN ²) Concentração (Q)	5,49710	0,047077	
Densidade	(T ²)Temperatura (Q)	7,18979	0,027866	0,76
	(VR ²)Atomização (Q)	14,19643	0,005483	
Proteína	(CN ²) Concentração (Q)	66,87626	0,014626	0,74
Lactose	(VR ²)Atomização (Q)	6,82650	0,030997	0,77
	(CN ²) Concentração (Q)	17,55426	0,003039	
Crioscopia	(T)Temperatura (Q)	1390,290	0,000000	0,70
	(VR)Atomização (L)	578,142	0,000000	
	(VR ²)Atomização (Q)	1932,716	0,000000	
	(CN ²) Concentração (Q)	1167,016	0,000000	
Sais	(VR ²)Atomização (Q)	6,39239	0,035348	0,80
	(CN ²) Concentração (Q)	17,92860	0,002860	

Através do valor do R^2 , percebe-se que os modelo são satisfatórios em todas as análises.

2.4.3.3 – Modelos propostos

Verifica-se, a seguir, os modelos polinomiais de segunda ordem, gerados através do do tratamento estatístico, com auxílio do software Statistica 12, estimando os

coeficientes de regressão do modelo polinomial para Gordura (G), SNG (SNG), Densidade (D) e Proteína (P), Lactose (L) e Ponto Crioscópico (PC) e sais (S) (equações 2.25, 2.26, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31), em função das variáveis de entrada codificadas (Tabela 2.6).

$$G = 3,445556 + 0,086250 T - 0,096528 T^2 \quad (\text{eq. 2.24})$$

$$\text{SNG} = 9,525556 - 0,282778T^2 - 0,382778 \text{VR}^2 - 0,280278 \text{CN}^2 \quad (\text{eq. 2.25})$$

$$D = 1032,984 - 0,794 T^2 - 1,116 \text{VR}^2 \quad (\text{eq. 2.26})$$

$$P = 2,843663 - 0,0806961 \text{CN} \quad (\text{eq. 2.27})$$

$$L = 5,245556 - 0,139444 \text{VR}^2 - 0,223611 \text{CN} \quad (\text{eq. 2.28})$$

$$\text{PC} = -0,569000 + 0,021875 T^2 - 0,009583 \text{VR} + 0,025792 \text{VR}^2 + 0,020042 \text{CN}^2 \quad (\text{eq. 2.29})$$

$$S = 0,773333 + 0,017917 \text{VR} - 0,044167 \text{CN}^2 \quad (\text{eq. 2.30})$$

2.4.3.4 – Análise de resíduos

Os gráficos a seguir exibem a aleatoriedade do experimento, não apresentando comportamento sistemático.

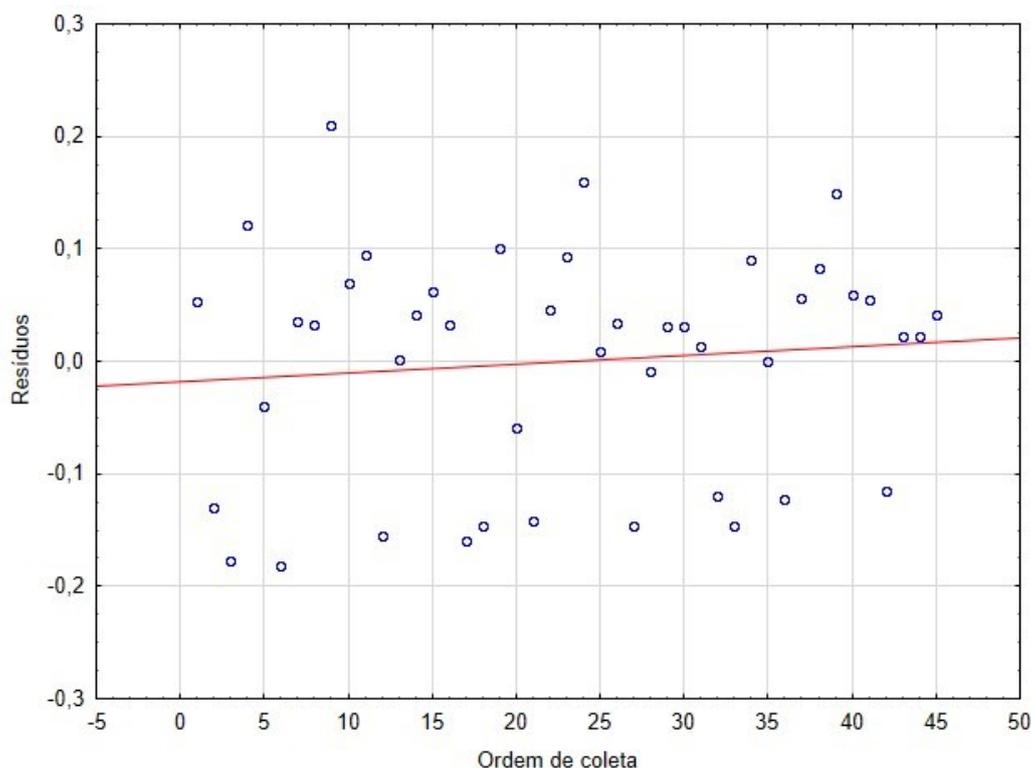


Figura 2.22 – Gráfico para teor de gordura

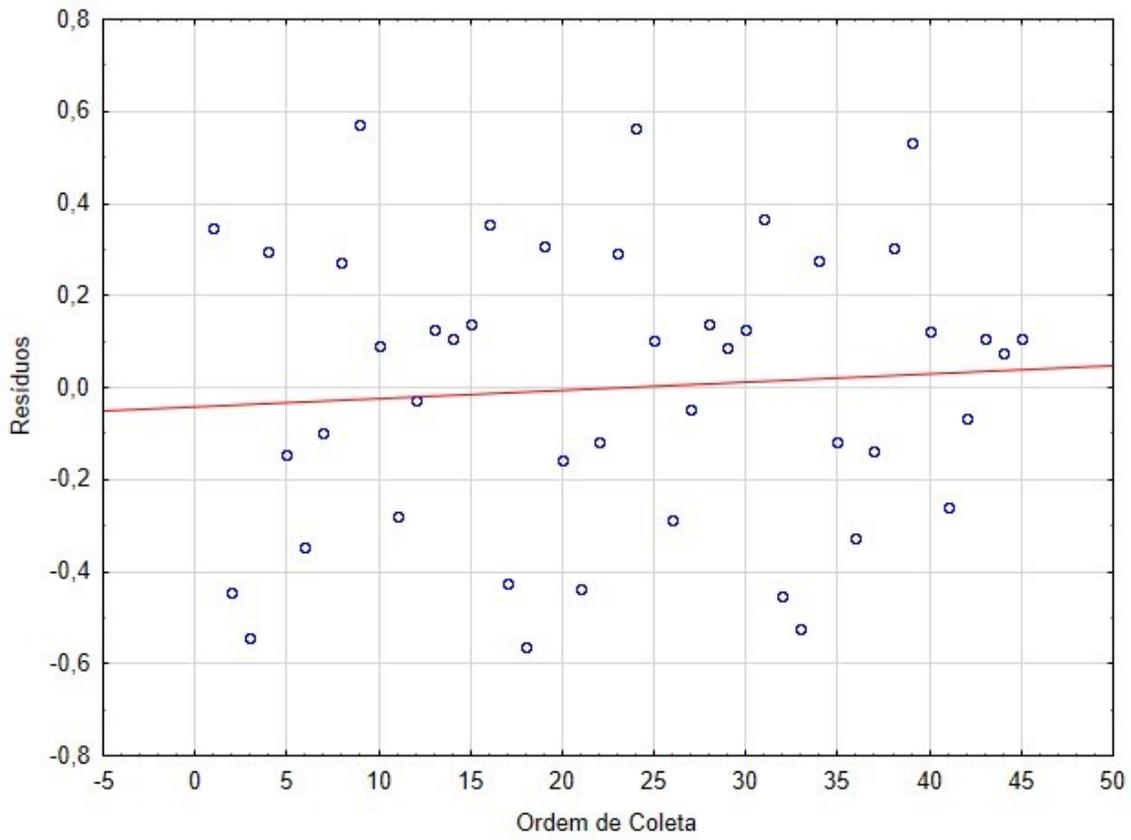


Figura 2.23 – Gráfico para SNG

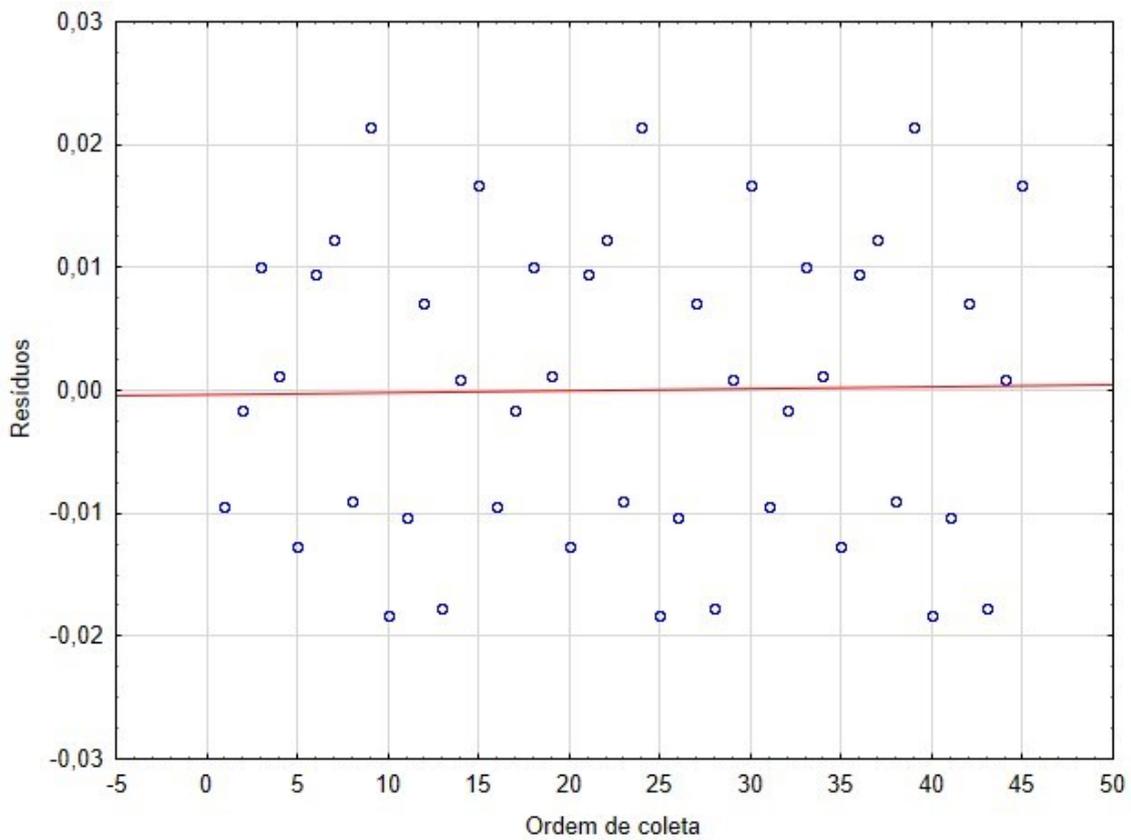


Figura 2.24 – Gráfico para densidade

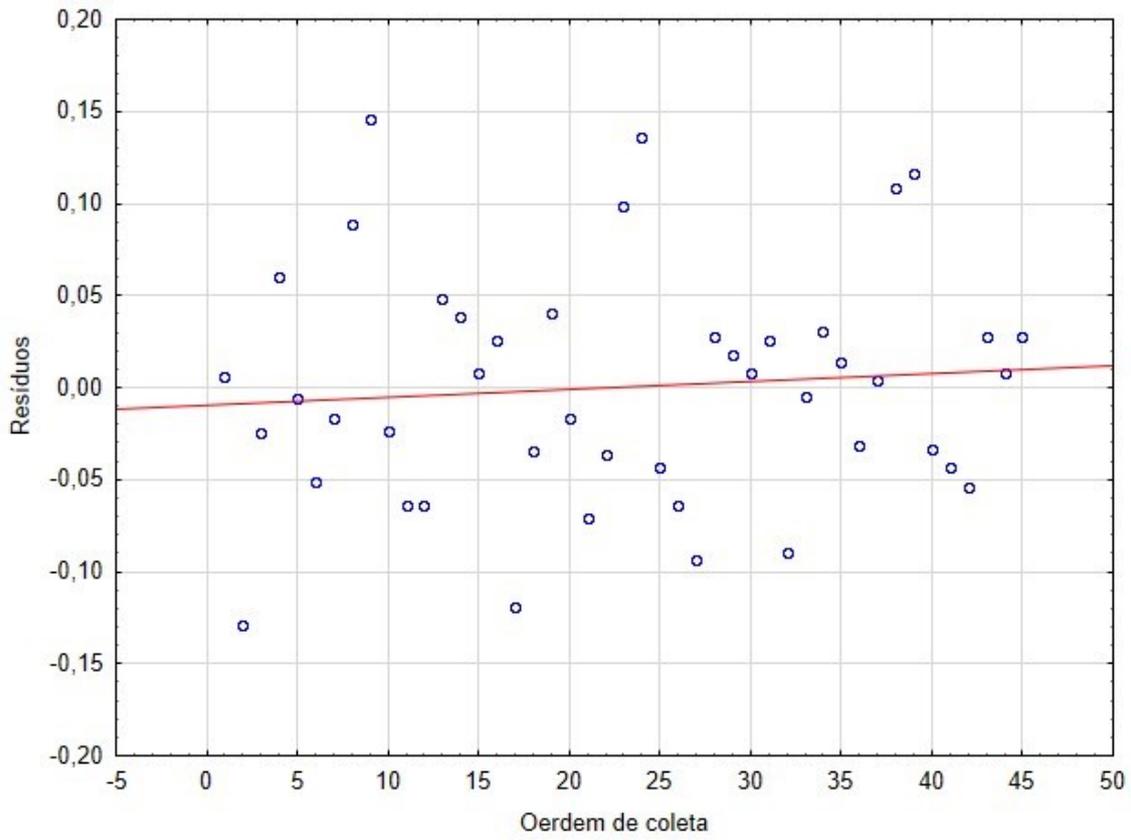


Figura 2.25 – Gráfico para proteína

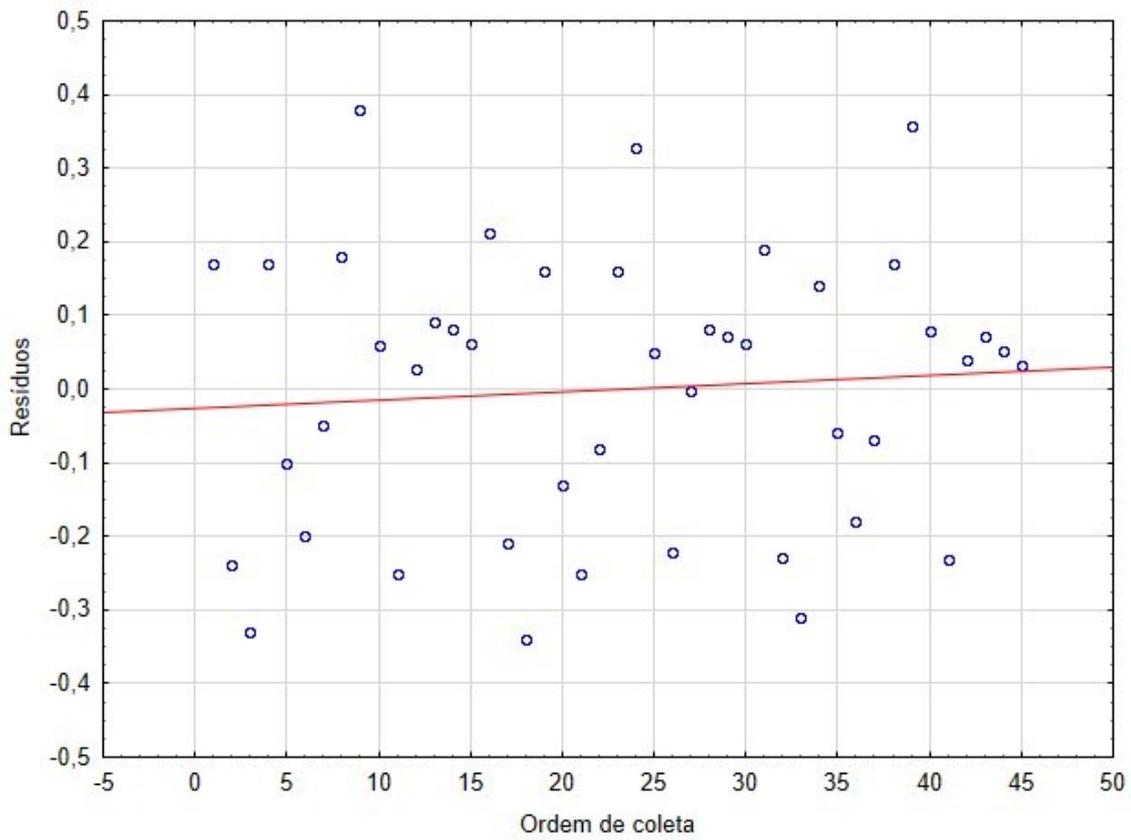


Figura 2.26 – Gráfico para Lactose

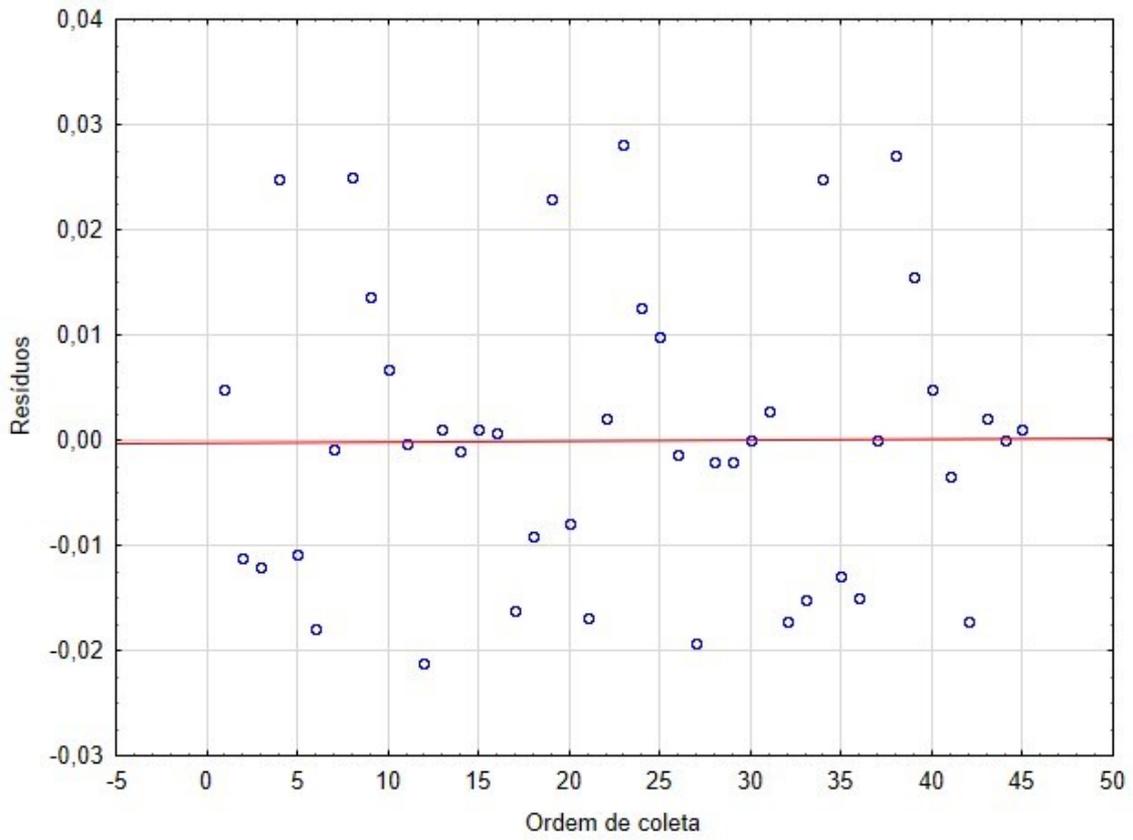


Figura 2.27 – Gráfico para crioscopia

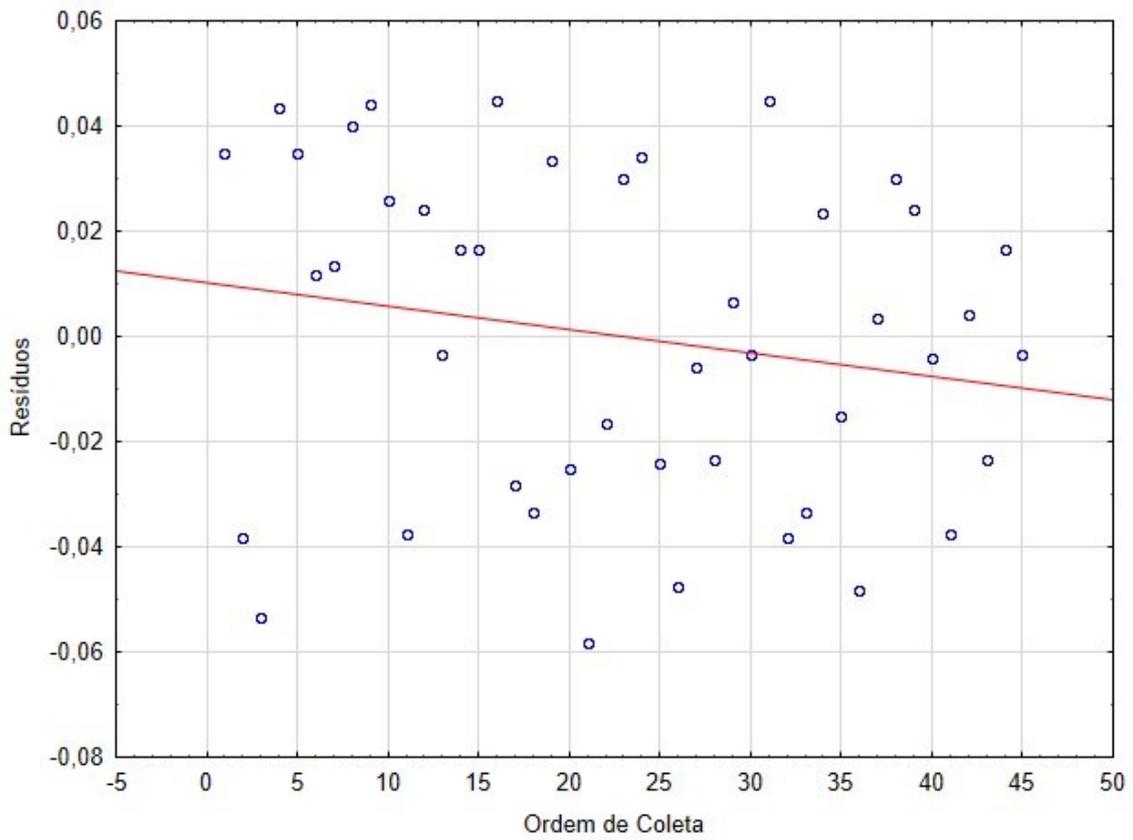


Figura 2.28 – Gráfico para sais

2.4.4 – Análises físicas do leite em pó

Na Tabela 2.11 verifica-se os valores médios de cada experimento, alcançados nas análises físicas realizadas com o leite em pó de cabra obtido através da secagem por atomização.

Tabela 2.11– Valores médios das análises físico-químicas do leite em pó.

Média das análises											
Exp.	Ângulo de repouso(°)	Molhabilidade (min..)	Solubilidade (g/seg.)	Densidade real (g/cm ³)	Densidade aparente (g/cm ³)	Porosidade (%)	Cor			Tamanho de partículas	Dispersão das partículas
							L	a	b		
1	35,03	13,35	1,30	0,276	0,455	39,36	78,81	-1,7	11,3	38,75	1,707
2	30,05	7,32	1,45	0,216	0,527	58,71	81,00	-0,7	6,5	34,66	2,20
3	32,42	12,45	1,45	0,304	0,607	46,18	82,2	-1,9	8,8	22,52	2,23
4	34,05	8,11	1,94	0,227	0,484	50,61	85,9	-0,7,	8,6	25,22	1,37
5	33,71	9,22	1,48	0,304	0,619	50	79,7	-0,5	7,3	26,25	1,94
6	31,53	5,34	1,09	0,259	0,564	52,59	84,7	-0,7	13,6	28,04	1,44
7	35,56	5,36	1,04	0,293	0,626	50,08	84,3	-1,1	12,4	23,83	1,94
8	31,18	6,32	1,85	0,205	0,529	61,32	84,2	1,4	3,8	31,14	1,52
9	36,46	6,44	1,71	0,278	0,561	47,16	81,1	-0,5	8,4	31,71	1,98
10	38,67	8,50	1,88	0,246	0,489	48,10	82,4	-0,7	6,4	26,32	1,78
11	33,68	11,1	2,81	0,210	0,488	53,87	79,8	-1,56	10,1	26,84	1,97
12	35,99	8,07	2,31	0,236	0,564	57,41	83,9	0,1	2,8	24,59	2,36
13	35,95	10,29	1,36	0,241	0,516	53,03	86,9	-0,2	3,8	26,75	1,84
14	36,34	10,05	0,98	0,259	0,541	53,80	85,4	-1,7	5,2	26,85	2,35
15	36	10,11	1,30	0,275	0,589	54,16	84,0	-1,5	5,5	29,84	1,47

Pode-se classificar o pó em termos de propriedades de escoamento como: ângulo de repouso de 25 a 30° – fluxo muito livre, de 31 a 35° fluxo livre, de 36 a 40° - fluxo médio, de 41 a 45° fluxo coesivo, maior que 55° fluxo muito difícil (HIOLA & TUNGADI, 2018). No presente estudo, o ângulo de repouso variou entre 30,05° no tratamento 2 (210 °C/300 Hz/30%) e 38,67° no tratamento 10 (190 °C/500 Hz/20%). Com esses valores, de acordo com a classificação dos pós, é considerado como fluxo livre e fluxo médio. Para efeito de comparação, analisou-se também o leite em pó de cabra industrializado da marca Caprys e observou-se um ângulo de repouso de 42,99°, um pouco maior do que o encontrado nos experimentos. Urbano et al. (2009) também estudando as propriedades do pó do leite de cabra, porém, produzido em leite de jorro, obtiveram ângulos de repouso de 45,63, 49,62 e 47,40° usando, nessa ordem, as seguintes temperaturas de secagem 80, 90 e 100 °C. Analisaram também o leite industrializado e obtiveram o valor de 38,86°, chegando bem próximo ao valor encontrado no tratamento 10 (38,67°). Campos (2012), estudando ângulo de repouso de alguns produtos, entre eles o leite em pó integral e desnatado obteve 46,4 e 36,3 ° respectivamente. Hiola & Tungadi (2018) em seu estudo com leite de milho em pó, também analisaram o ângulo de repouso obtendo valores entre 18,41 e 31,34 °. Já Dantas (2018) observou valores bem elevados para o suco de laranja em pó obtidos também no *spray dryer*. Para o suco in natura em pó (46°), suco congelado em pó (52°) e para o suco da fruta congelada em pó (54°).

A molhabilidade do leite de cabra em pó, obtido nesse estudo, variou muito entre os tratamentos. As menores taxas foram de 5'34", no tratamento 6 (210 °C/ 400 Hz/20%) e 5'36" no 7 (170 °C/400 Hz/40%), enquanto o maior foi de 13'35" no experimento 1 (170 °C/300 Hz/30%). Fonseca et al. (2011), estudando a influência da molhabilidade devido à adição em diferentes níveis de lectina no leite de cabra concentrado antes da secagem obteve 6 min para o leite sem a lectina e 1'13" para o leite com 0,8% de lectina. Hammes (2013), estudando leite de búfala, obteve um tempo de molhamento aproximado a 5 min (leite sem lectina). Contudo, Kim et al. (2002) trabalhando com leite em pó bovino comercial obteve um tempo de molhamento acima de 10 min. A solubilidade do leite em pó de cabra também variou bastante. O tratamento que teve um menor índice de solubilidade foi o 14 (190 °C/300 Hz/30%) com 0,98 g/min. Já o mais solúvel foi o tratamento 11 com 2,81 g/m.

Sousa & Ferreira (2013), estudando a densidade de Bulk e a densidade de Bulk empacotada de pós, observaram que a do leite integral variou entre 0,32 e 0,54 g/cm³ respectivamente. Singh & Heldman (2009) também encontraram esse valor para a densidade de bulk do leite integral (0,32 g/cm³). Neste estudo, foi encontrado, em alguns tratamentos, valores semelhantes ao da literatura. A densidade aparente ou de

bulk variou de 0,205 a 0,317 g/cm³. Já a densidade de bulk empacotada ou densidade real variou de 0,438 a 0,625 g/cm³ e não teve nenhum parâmetro estatisticamente significativo.

A porosidade variou bastante. O experimento 1 obteve 39,36% de porosidade, enquanto que o experimento 8 alcançou 61,32%, sendo o de maior valor dos 15 tratamentos, apresentando a temperatura como principal parâmetro significativo estatisticamente.

Com relação a cor do leite em pó, percebe-se que o produto, analisando o parâmetro L, variou de 78,8 a 86,9, no experimento 13, indicando que é um produto mais próximo ao branco, mais brilhante. Já o parâmetro a*, variou de - 1,9 a 1,4, mostrando que algumas amostras possuem um tom mais esverdeados que outras. Por fim, o parâmetro b* variou de 2,8 a 13,6, indicando que quanto maior esse valor, mais amarelada é a amostra. O experimento 6 foi o que se mostrou mais amarelado. Realizou-se também a análise com o leite em pó de cabra industrializado e verificou-se que os resultados foram bem semelhantes as outras amostras (L 84,7, a -0,8 e b 11,4).

Em seu trabalho com leite de búfala, Hammes (2013), obteve resultados semelhantes, principalmente o parâmetro L (85,2), a (-3,8) e b (4,1) e verificou que a adição da lectina no leite de búfala não interferiu na coloração. Queiroz et al. (2020), analisando leite em pó de cabra, com e sem lactose obtiveram um produto mais branco (L 95,3, a -1,2 e b 7,7), não foi observado grandes diferenças entre o leite com e sem lactose. Milovanovic et al. (2020), em estudo de cor com vários tipos de leite, perceberam que o leite de cabra, juntamente com o de veado, foram os mais brilhantes com valores de L mais altos. Provavelmente, isso ocorre pela capacidade que o leite de cabra tem em converter o β -caroteno em vitamina A. O leite de cabra obteve os seguintes valores: L 86, a -2,1 e b 5,5. Oliveira (2018) apresentou valores com maior luminosidade do leite de cabra em pó: 90,65 a 90,52, quando secou com temperaturas de 90, 100 e 110 °C, no entanto, quando a temperatura de secagem foi aumentada para 120 °C a luminosidade baixou para 72,99, ficando um produto mais escuro, o que não é muito interessante para o mercado.

A análise com o MEV, foi realizada com o intuito de verificar as formas e tamanho das partículas. Nas Figura 2.29 e 2.30 é possível observar as imagens das amostras de todos os tratamentos de secagem com diferentes ampliações (200, 500, 1000, 2000 e 5000 vezes). Percebe-se que o leite em pó de cabra possui partículas semiesféricas, no geral, com superfícies relativamente suaves e regulares, com apenas algumas irregularidades. Esse resultado foi semelhante ao de NOVAES (2018), que em seu

estudo com leite em pó integral antes da adição do ômega 3, observou partículas bem esféricas e regulares.

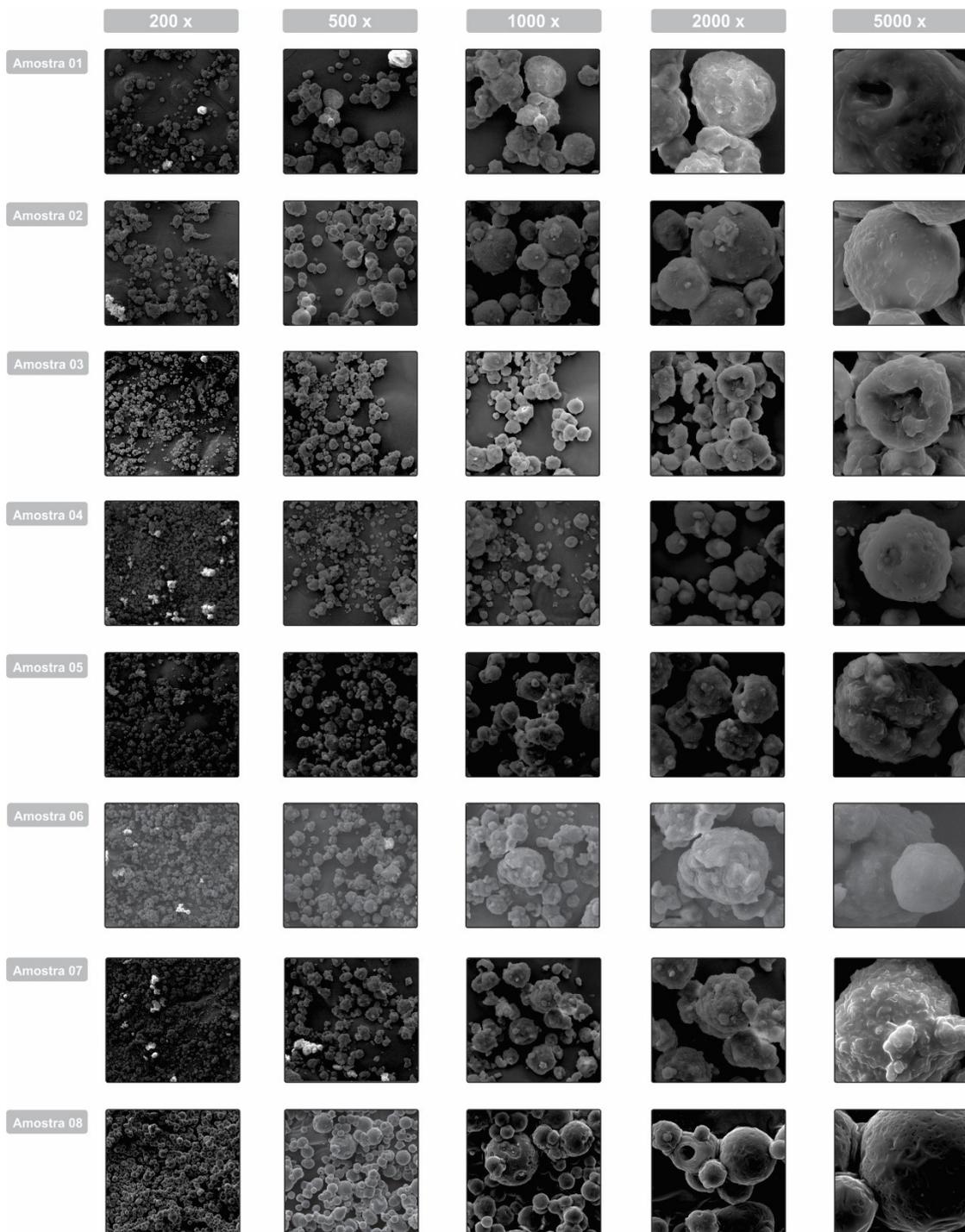


Figura 2.29 –Imagens das amostras dos tratamentos de secagem, obtidas com o MEV.

Fonte: Própria autora

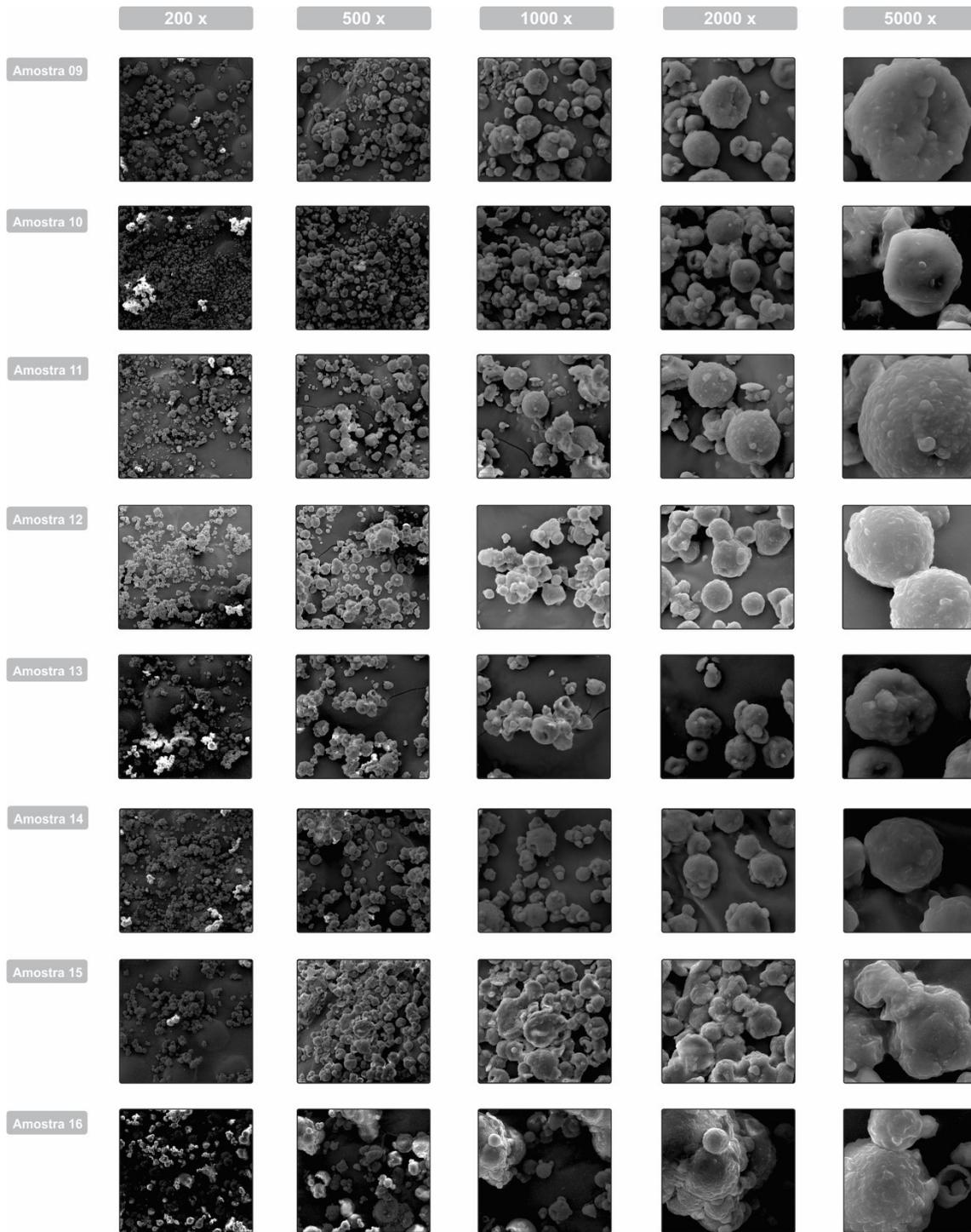


Figura 2.30 –Imagens das amostras dos tratamentos de secagem (9 a 15) e do leite em pó industrializado, obtidas com o MEV.

Fonte: Própria autora

Em algumas partículas é possível perceber que elas estão ocas, com perfurações em sua superfície como é o caso das amostras 1, 3, 5, 13 e 15. Porém, é importante lembrar que são algumas partículas das amostras. As amostras 2, 8 e 11, foram as mais esféricas e regulares, principalmente a 8, com partículas bem esféricas e sem tanta variação de tamanho. Já a amostra 15, se mostrou bastante desforme, com partículas conglomeradas que unidas ficam desformes sem identificar as semiesferas. Tal resultado também foi encontrado por Toledo et al. (2020), os quais em sua análise com produtos lácteos industrializados (leite em pó integral e desnatado, creme de leite em pó e soro em pó) encontraram partículas bastante desformes. Ainda segundo os autores, a falta de homogeneidade morfológica para uma mesma amostra, se dá por causa do processo de produção e estocagem.

De acordo com a análise o tratamento 3 (170 °C/500 Hz/30%), foi o que apresentou as partículas menores, com tamanho médio de 22,5 µm. Nesse tratamento as partículas variaram de 6,43 a 56,7 µm. Em contrapartida, o experimento que obteve as maiores foi o experimento 1 (170 °C/300 Hz/30%), com média de 38,75 µm. As partículas variaram de 18,01 a 84,70 µm. Verificou-se na Tabela 2.11 todos os tratamentos com os tamanhos médios das partícula e os valores da dispersão (variação do tamanho das partículas em cada amostra). O leite industrializado apresentou uma média de 34,51, variando de 12,66 a 93,25 µm.

Em seu estudo, Scheibel (2018) obteve partículas do leite em pó integral entre 45 a 400 µm, encontrando-se a maior parte das partículas na faixa de 50 a 200 µm. Lisboa et al. (2018), também estudando leite de cabra, obtiveram partículas menores entre 17 e 21, variando a temperatura de saída do *spray dryer* de 90 a 120 °C, ficando próximo dos resultados obtidos por Oliveira (2018) que variou de 17,3 a 25,9, que também estudou o leite de cabra em secagem por *spray dryer*. Percebe-se que os valores encontrados no presente trabalho foi um pouco maior entre 22,5 a 38,75 µm.

Com relação a variação de tamanho das partículas em cada amostra, o tratamento que apresentou maior variação entre as partículas foi o 12, apresentando valor de dispersão de 2,36. Já o tratamento que apresentou menor variação foi o tratamento 4, com o valor de 1,37. O leite industrializado, também estudado, obteve um valor de dispersão ainda maior que o tratamento 12, com valor de 2,76.

2.4.4.1 – Diagrama de Pareto

A seguir observa-se os diagramas de Pareto, com uma visão geral das influências dos parâmetros em cada experimento.

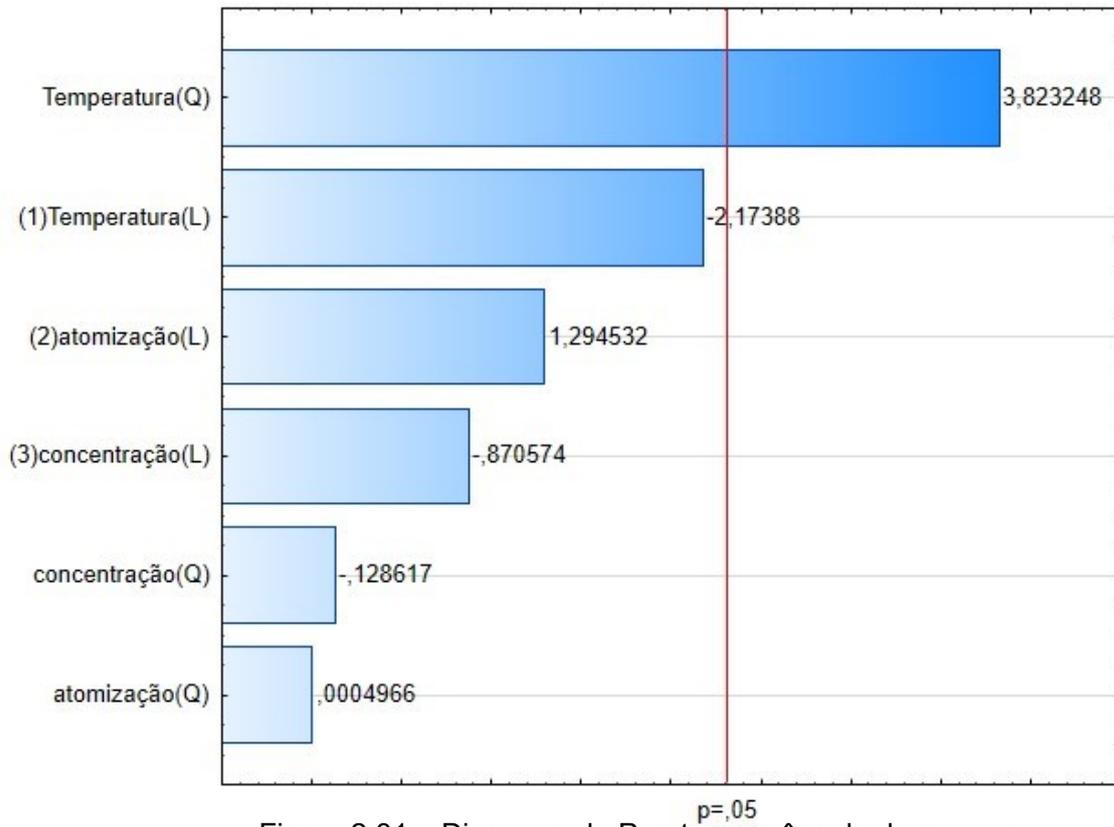


Figura 2.31 – Diagrama de Pareto para ângulo de repouso

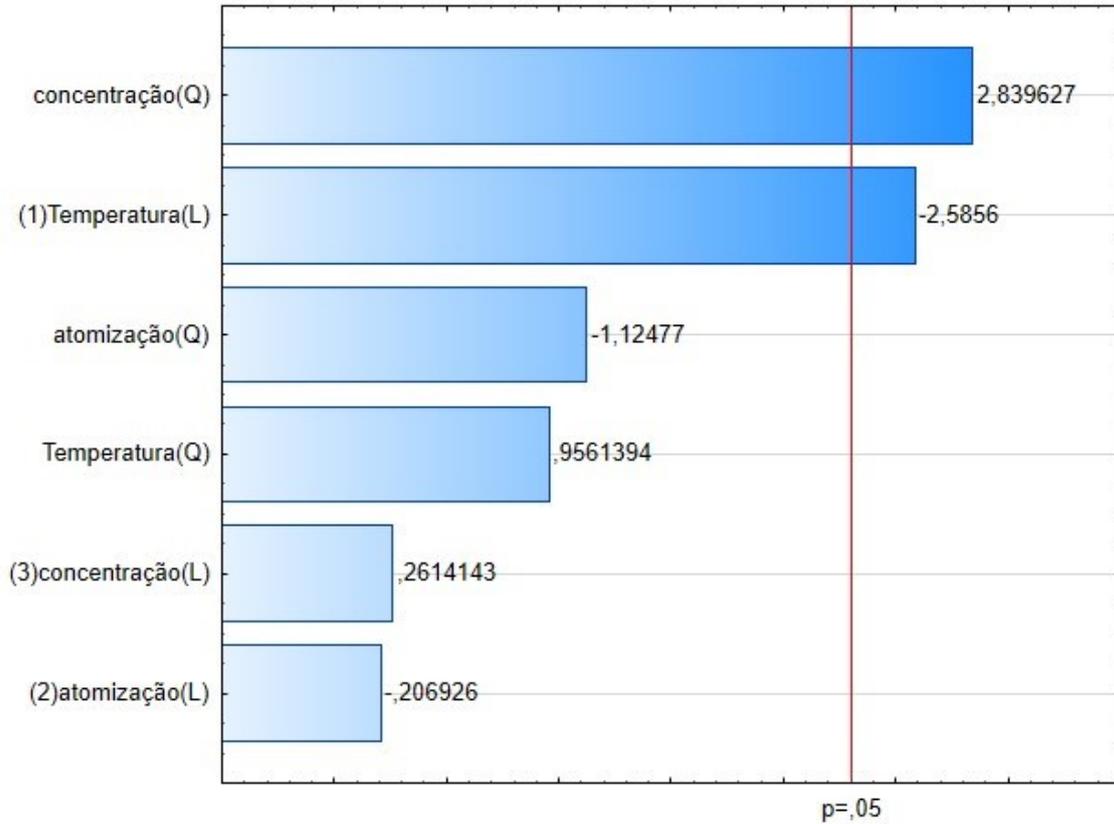


Figura 2.32– Diagrama de Pareto para molhabilidade

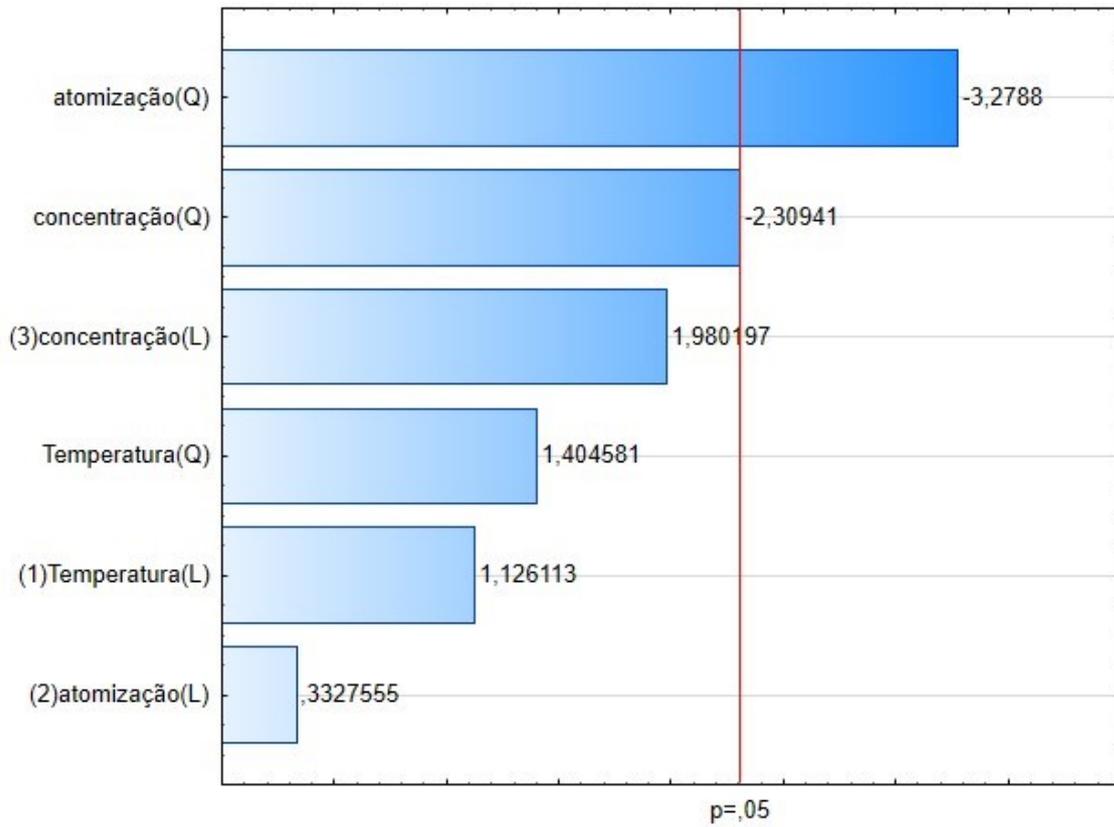


Figura 2.33 – Diagrama de Pareto para solubilidade

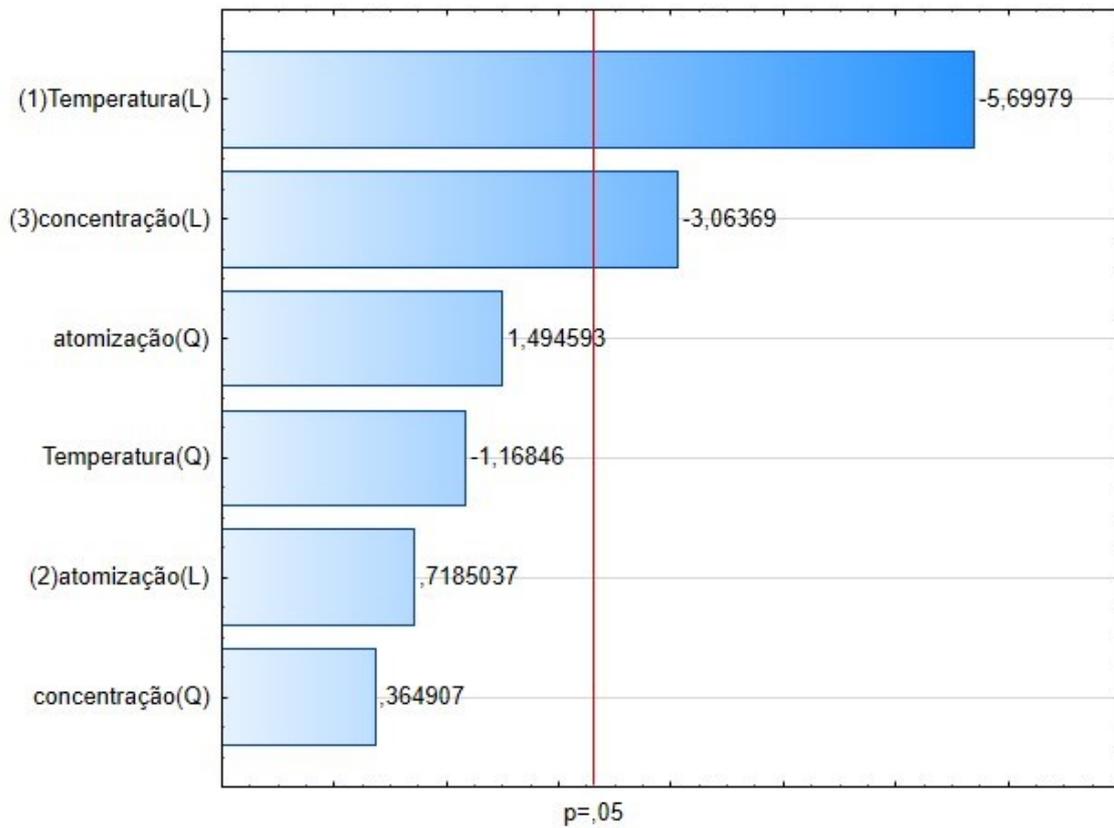


Figura 2.34 – Diagrama de Pareto para densidade aparente

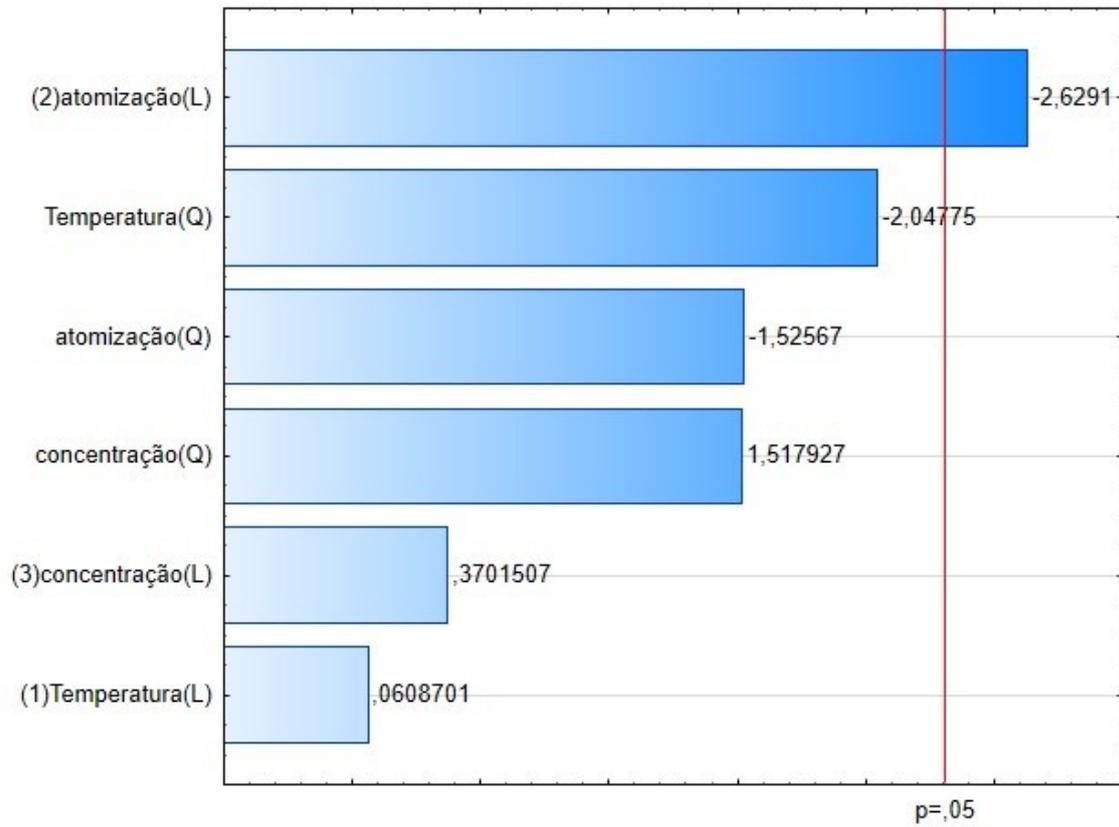


Figura 2.35 – Diagrama de Pareto para densidade real

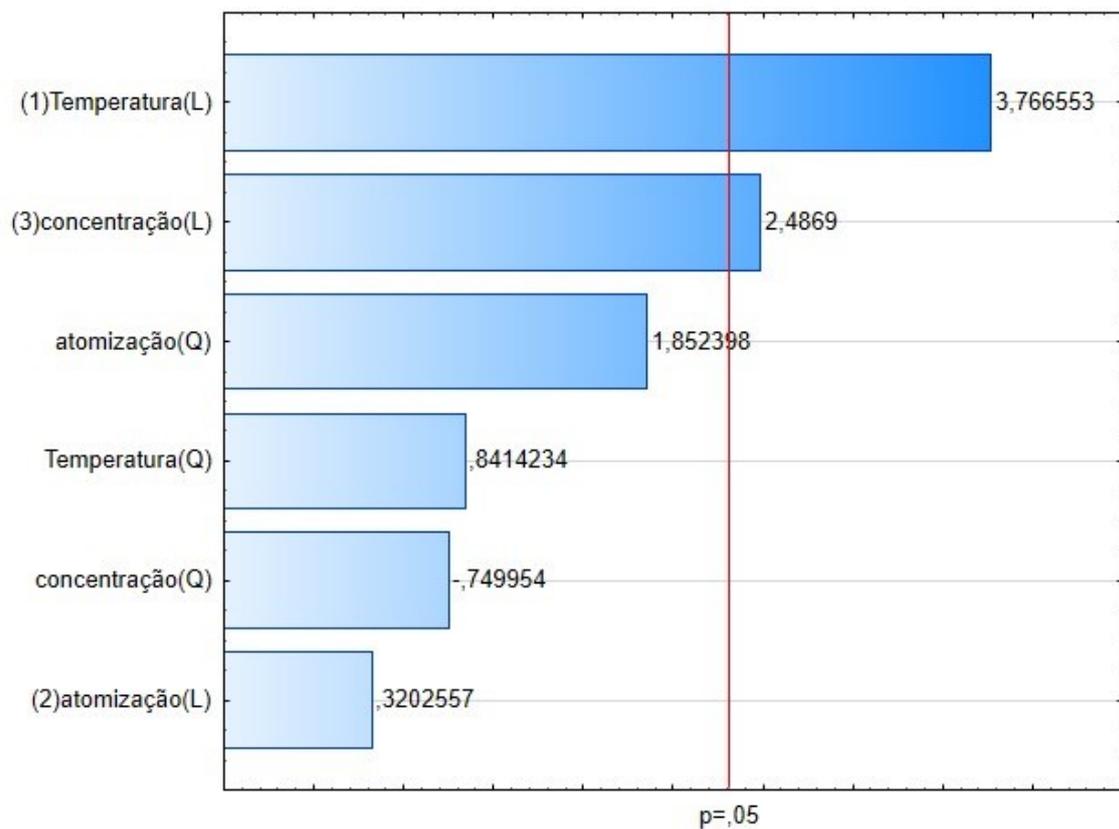


Figura 2.36 – Diagrama de Pareto para porosidade

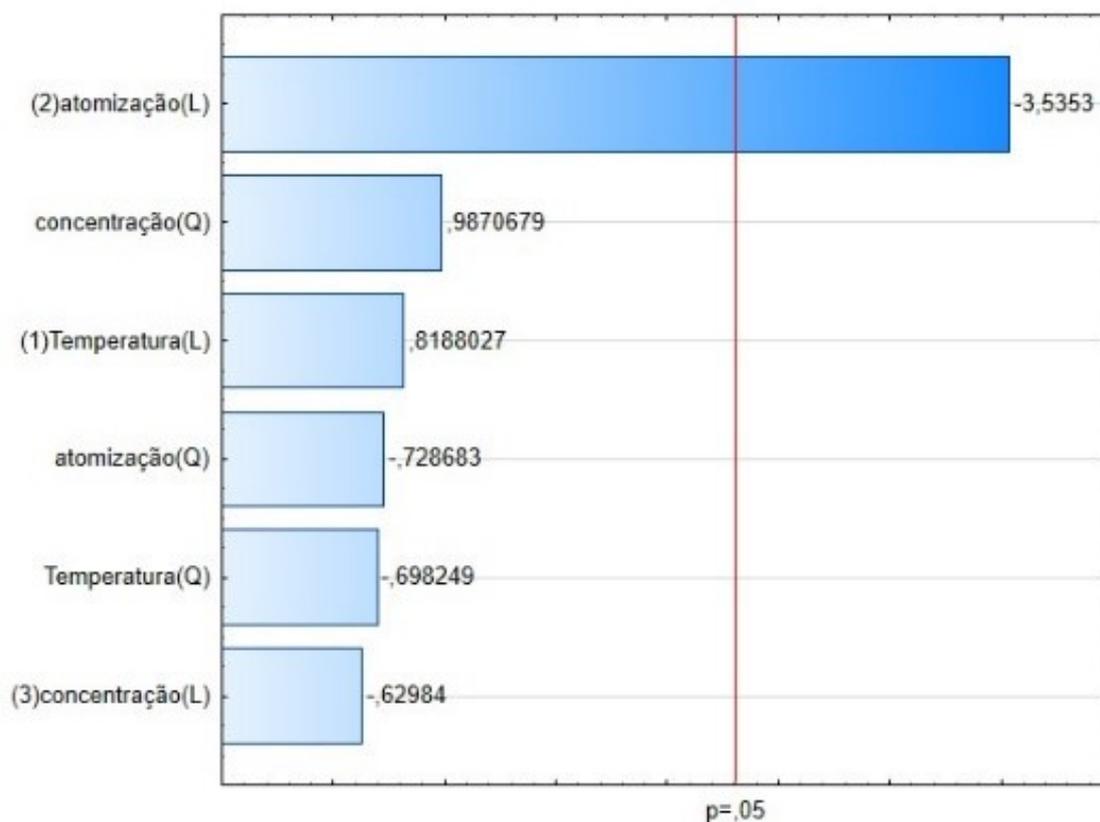


Figura 2.37 – Diagrama de Pareto para tamanho de partículas.

Por intermédio do gráfico de Pareto do ângulo de repouso, nota-se que a temperatura foi a única variável que interferiu na resposta. Quanto maior a temperatura de secagem, maior o ângulo de repouso do pó.

A molhabilidade teve interferência apenas de dois parâmetros, a concentração e a temperatura, mas de forma mínima. Diferentemente da temperatura, a concentração ao aumentar, também aumenta o tempo de molhabilidade.

A solubilidade sofre interferência da atomização. Quanto maior a velocidade de rotação, menor a solubilidade do pó. A concentração influenciou de modo irrisório.

A densidade aparente foi influenciada pela temperatura, em maior grau, em seguida da concentração. Percebe-se que tanto a concentração como a temperatura, ao aumentar esses parâmetros, a densidade aparente era reduzida. Já a densidade real, sofreu influência mínima apenas da velocidade de rotação. Ao aumentar a velocidade, a densidade real foi reduzida. O diagrama de Pareto da porosidade ficou muito semelhante ao da densidade aparente, as mesmas variáveis influenciaram na resposta, diferenciando na influência, de maneira negativa, ou seja, quanto maior a temperatura e a concentração, menor a porosidade.

O tamanho das partículas foi influenciado apenas pela atomização. Quanto maior a atomização, menor o tamanho das partículas.

2.4.4.2 – Análise de Variância (ANOVA)

Observa-se a Tabela 2.12 de variância, com nível de confiança de 95% ($p < 0,05$).

Tabela 2.12 – Análise de variância (ANOVA) para ângulo de repouso, molhabilidade, solubilidade, densidade real e aparente e porosidade. Em que: F: Estatística de Fisher, p: probabilidade de significância ou valor descritivo e R^2 : coeficiente de determinação.

ANOVA				
Análises	Fator	F	P	R^2
Ângulo de repouso	(T ²) Temperatura (Q)	14,61722	0,005066	0,73
Molhabilidade	(T) Temperatura (L)	7,662357	0,017022	0,68
	(CN ²) Concentração (Q)	9,424046	0,009719	
Solubilidade	(VR ²) Atomização (Q)	10,75056	0,011208	0,74
	(CN ²) Concentração (Q)	5,33338	0,049735	
Densidade real	(VR) Atomização (L)	6,912192	0,030220	0,67
Densidade aparente	(T) Temperatura (L)	31,12577	0,000120	0,85
	(CN) Concentração (L)	8,99272	0,011092	
Porosidade	(T) Temperatura (L)	13,17336	0,003454	0,75
	(CN) Concentração (L)	5,74282	0,033738	
Tamanho das partículas	(VR) Atomização (L)	12,49835	0,007672	0,67

Observa-se que o R^2 das análises foi em sua maioria satisfatório.

2.4.4.3 – Modelos Propostos

Verifica-se nas equações abaixo os modelos polinomiais de segunda ordem, gerados por intermédio do tratamento estatístico, estimando os coeficientes de regressão do modelo para ângulo de repouso (AR), Molhabilidade (Mo), solubilidade (So), Densidade real (DR), Densidade aparente (DA), porosidade (Po) e tamanho da partícula (TP).

$$AG = 36,09667 - 3,20792 T^2 \quad (\text{eq. 2.31})$$

$$Mo = 10,24333 - 1,66083 T - 2,69625 CN^2 \quad (\text{eq. 2.32})$$

$$So = 1,215900 + 0,566258 VR^2 + 0,398842 CN + 0,359809 CN^2 \quad (\text{eq. 2.33})$$

$$DR = 0,001335 - 0,061263 VR \quad (\text{eq. 2.34})$$

$$DA = 0,255827 - 0,033612 T - 0,018067 CN \quad (\text{eq. 2.35})$$

$$Po = 51,76136 + 4,70209 T + 3,10459 CN \quad (\text{eq. 2.36})$$

$$TP = 26,804618 - 4,16275VR^2 \quad (\text{eq. 2.37})$$

2.4.4.4 – Análise de resíduos

Observa-se, nos gráficos de resíduos, que o experimento ocorreu de modo totalmente aleatório, sem apresentar comportamento sistêmico em nenhuma das análises.

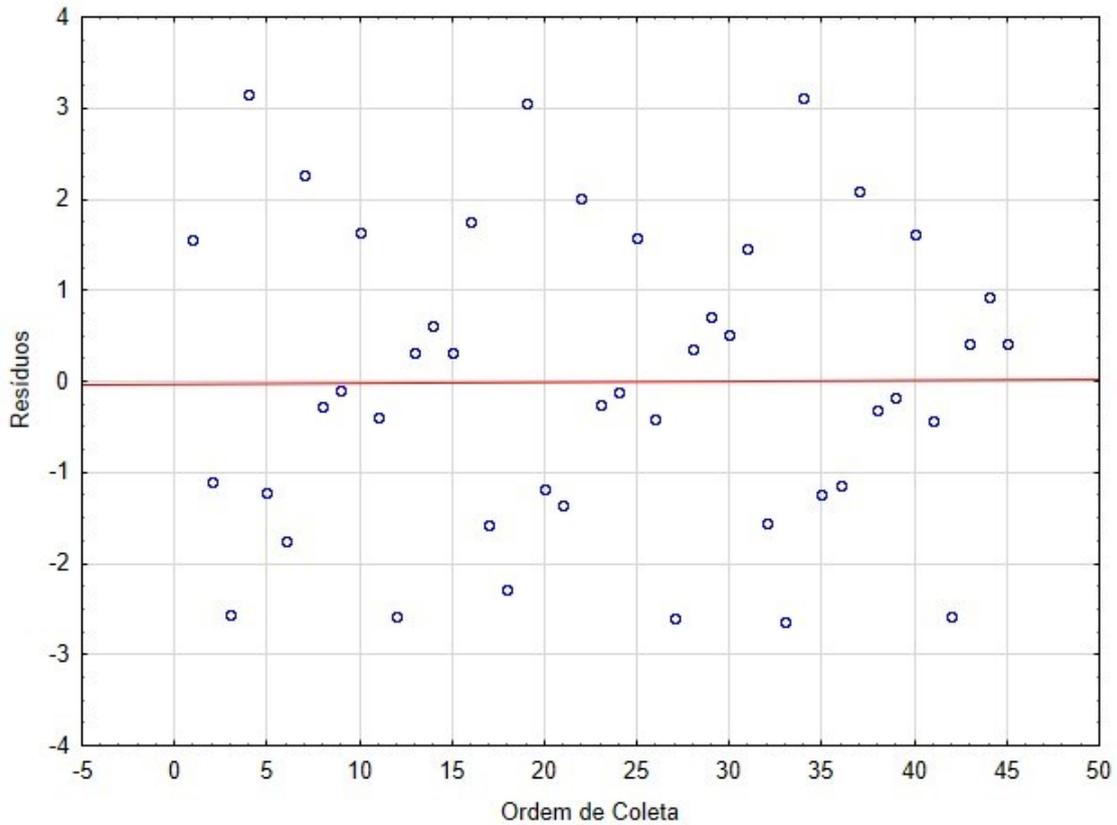


Figura 2.38 – Gráfico para ângulo de repouso

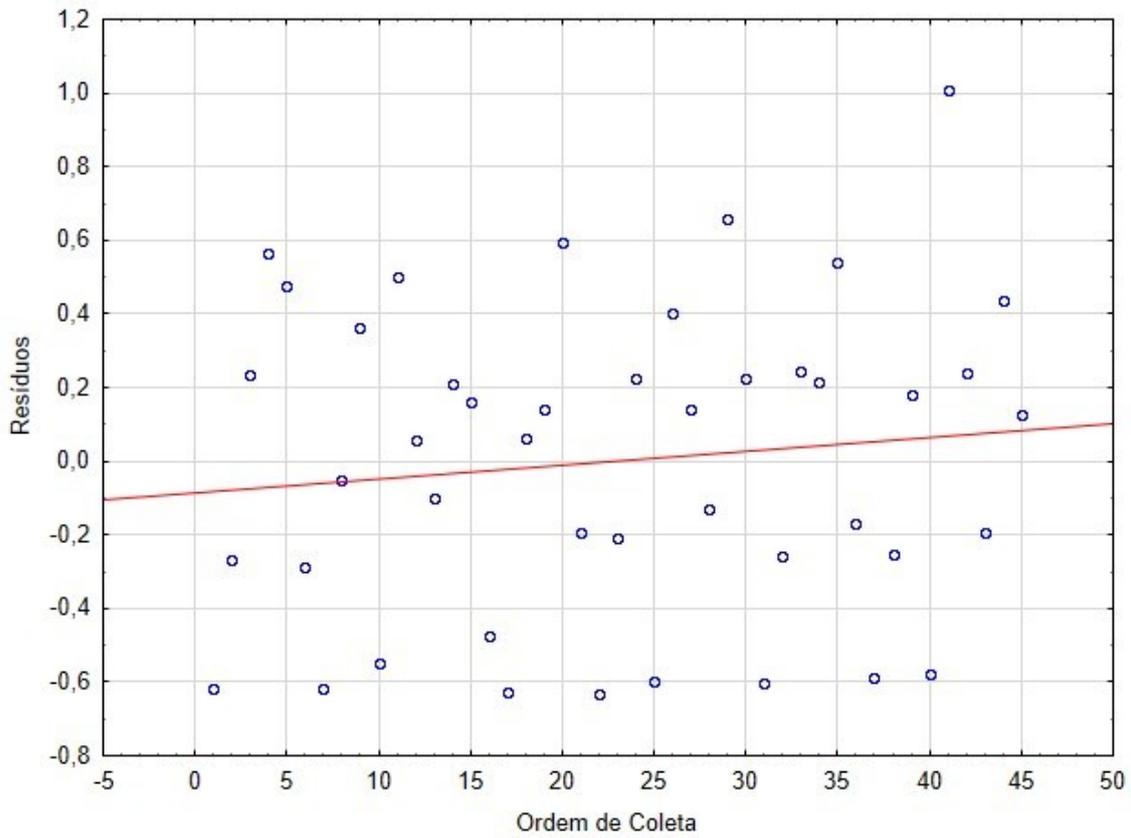


Figura 2.39 – Gráfico para molhabilidade

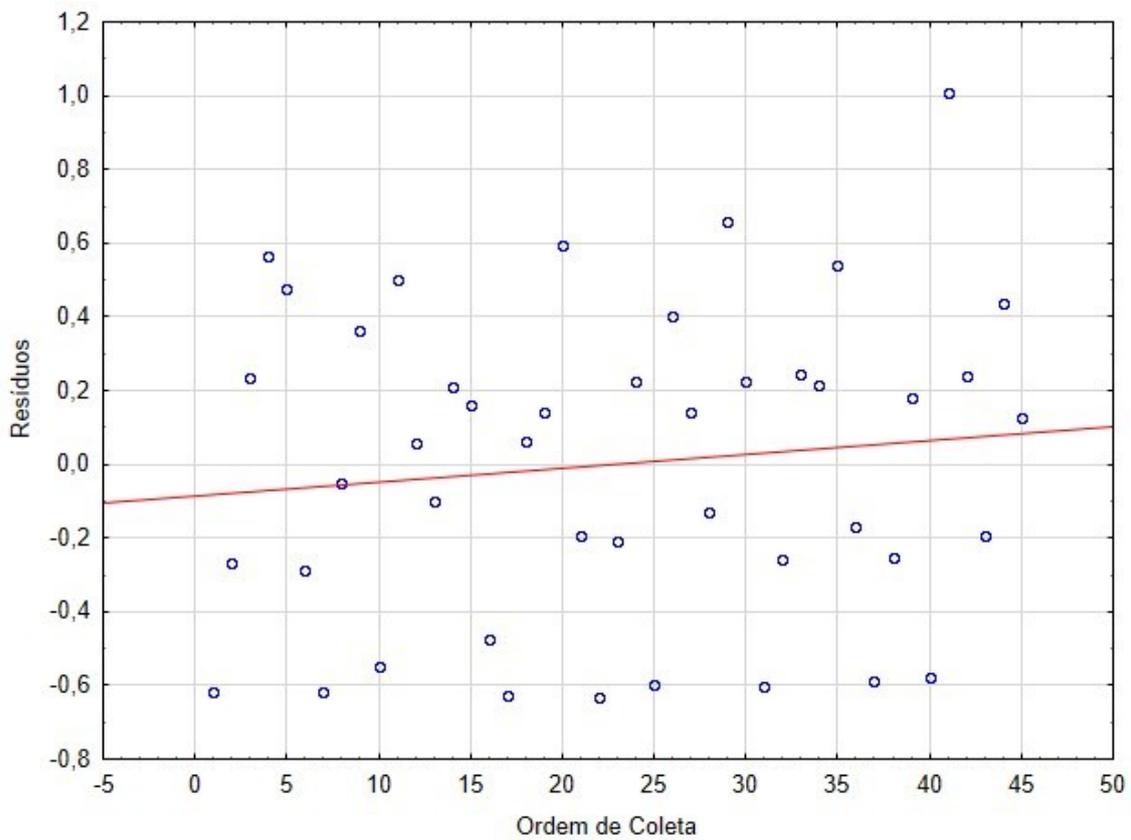


Figura 2.40 – Gráfico para solubilidade

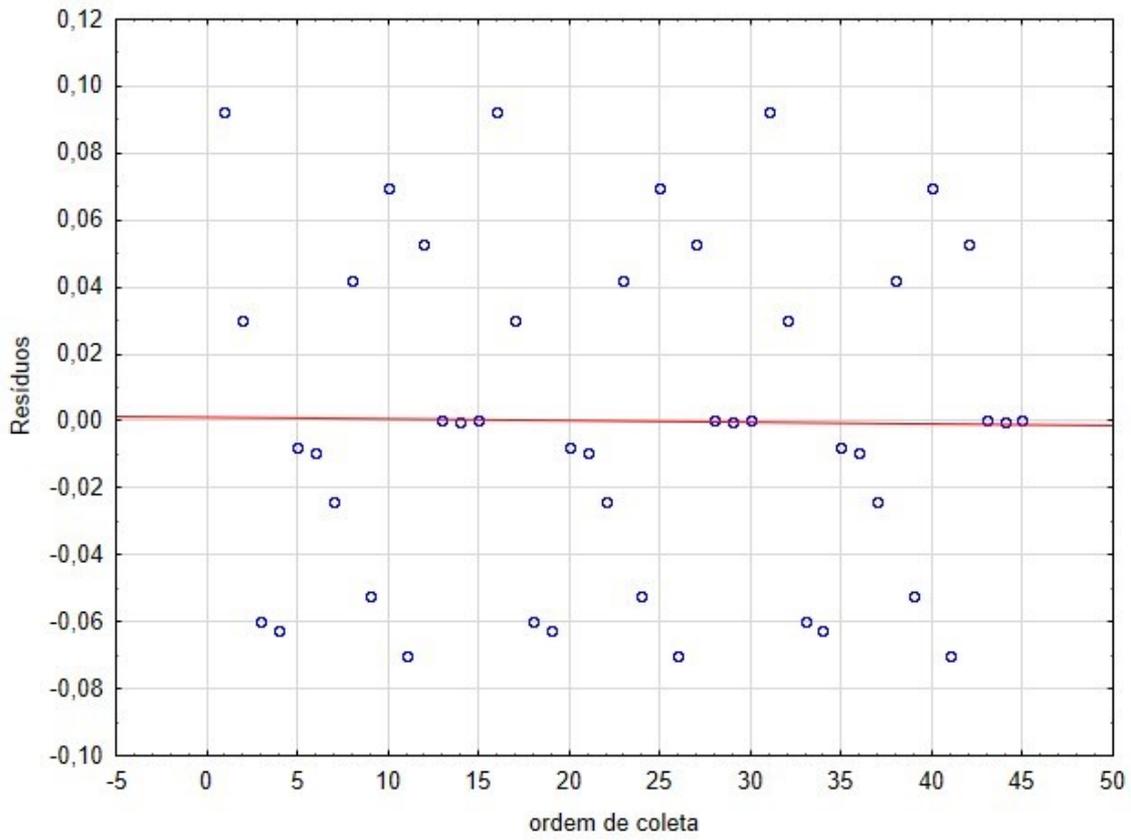


Figura 2.41– Gráfico para densidade real

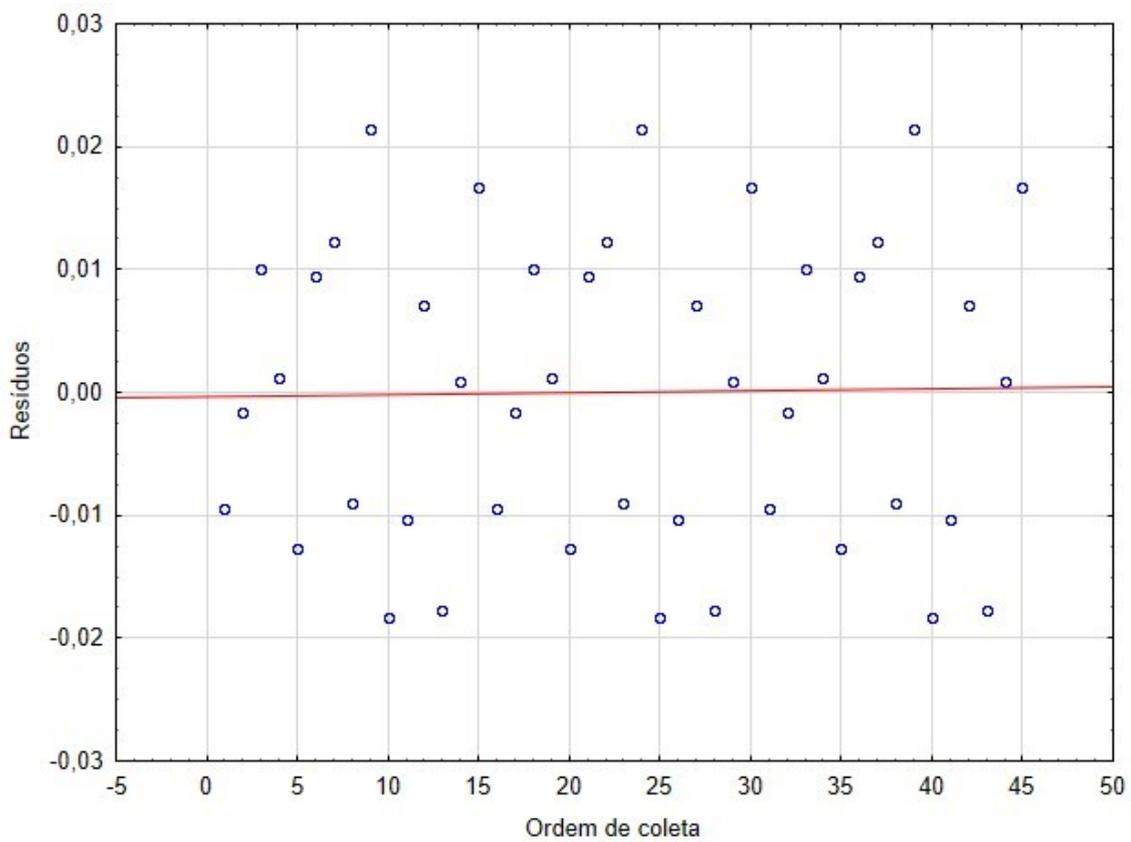


Figura 2.42– Gráfico para densidade aparente

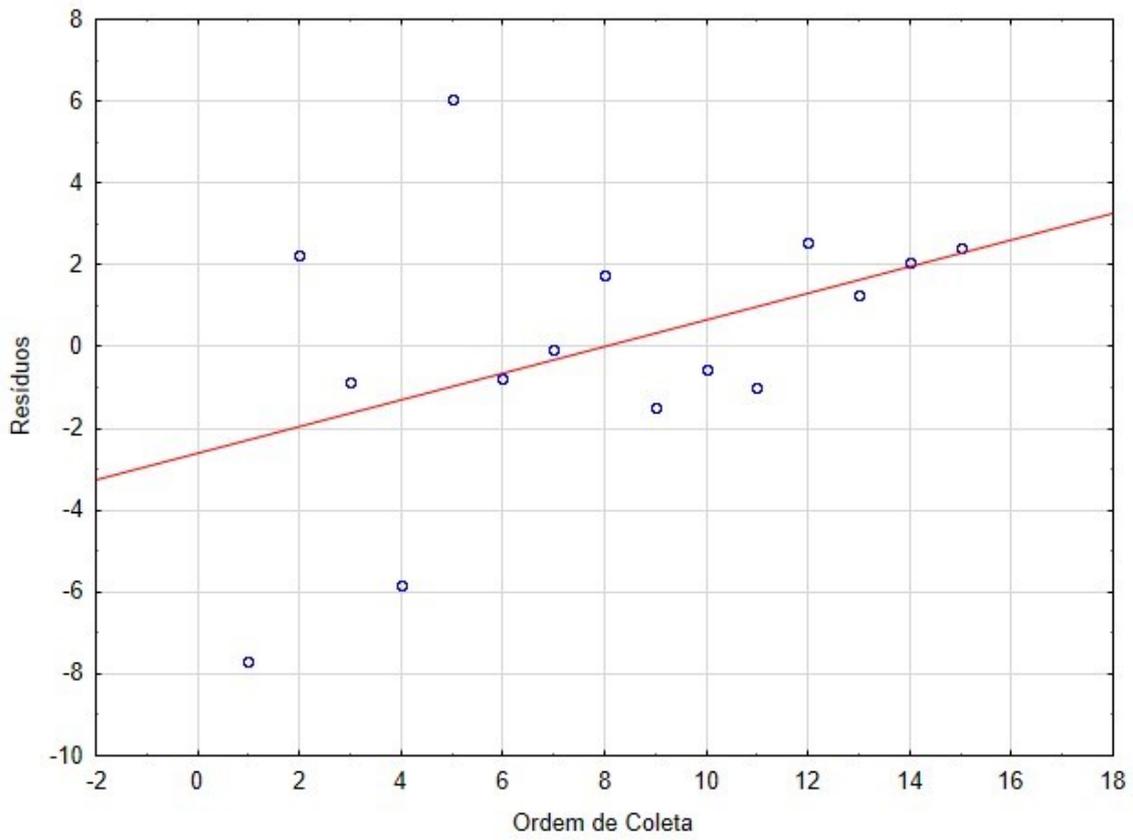


Figura 2.43– Gráfico para porosidade

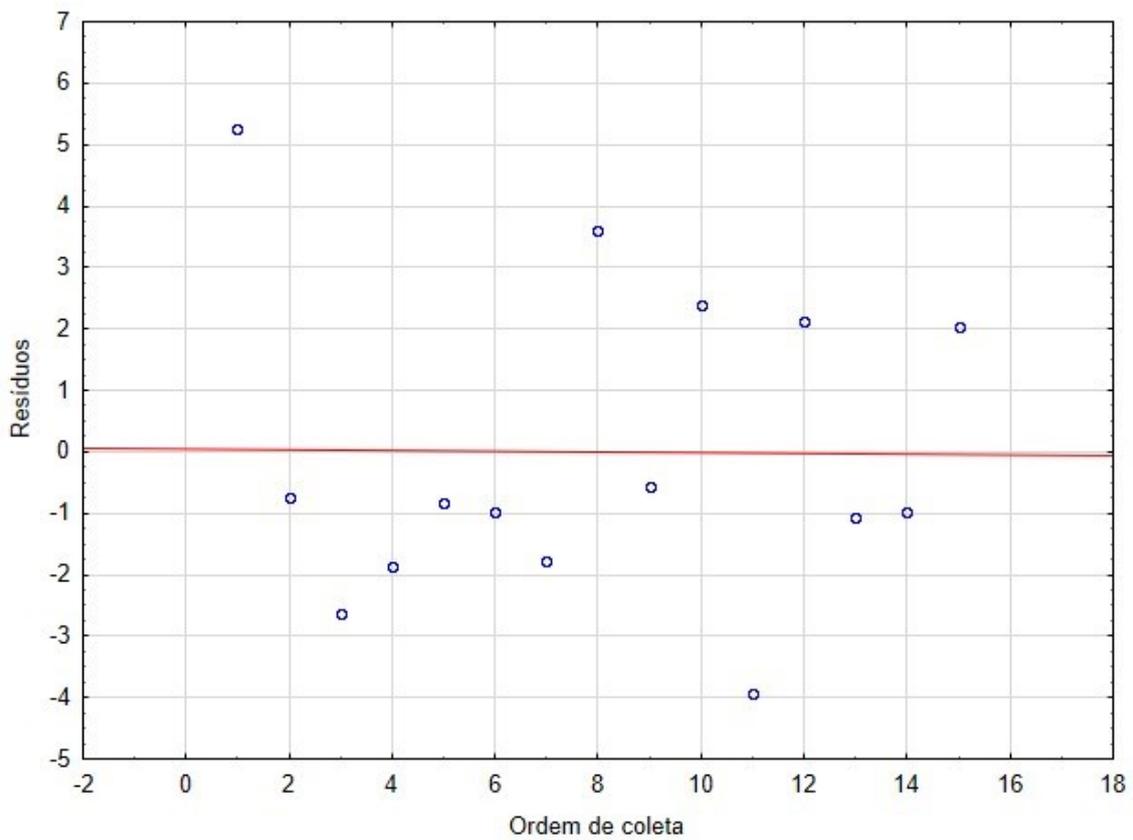


Figura 2.44– Gráfico tamanho de partículas

2.5 CONCLUSÕES

Realizou-se todo o experimento de forma aleatória, fazendo com que as análises não apresentassem comportamento sistêmico. O nível de confiança adotado foi de 95% ($p < 0,05$). O modelo matemático que mais se ajustou aos dados experimentais foi o da análise de rendimento que alcançou um R^2 de 91,5%. Os outros modelos, em sua maioria, tiveram R^2 com valores menores, mas ainda assim considerados satisfatórios, também se ajustando aos dados experimentais. A análise que alcançou o menor R^2 e conseqüentemente um menor ajuste ao modelo foi a densidade real e tamanho de partículas, ajustando-se 67%.

O rendimento do processo de secagem foi bastante satisfatório. O tratamento que obteve menor índice foi o 1 (170 °C/300 Hz/30%) com 65%, ainda assim, considerado um bom rendimento.

Todas as análises, tiveram pelo menos um parâmetro significativo estatisticamente o que mostra a importância da definição deles no processo de secagem (temperatura de entrada/velocidade de atomização/concentração do leite), visto que os mesmos influíram no produto final. Análises como rendimento, pH e crioscopia, tiveram os três parâmetros influenciando na resposta. A análise SNG também foi influenciada pelos três parâmetros, porém a temperatura e a concentração interferiram de modo irrisório. A maior parte das análises, tiveram apenas dois parâmetros influenciando (umidade, cinzas, acidez, densidade, lactose, sais, molhabilidade, densidade aparente e porosidade). A gordura, proteína, ângulo de repouso, solubilidade densidade real e tamanho de partículas, apresentaram um único parâmetro estatisticamente significativo. Quantitativamente pode-se afirmar que a concentração e a temperatura, foram os parâmetros que mais influenciaram nas respostas.

Com relação a cor do produto, percebeu-se que o processo de secagem não teve grande interferência na cor do produto, que em alguns resultados, obteve cor semelhante ao leite em pó industrializado e também valores próximos ao encontrado na literatura. Apenas os tratamentos 1, 5 e 11 obtiveram resultados de L abaixo de 80, se tornando um pouco menos interessante para a indústria, embora que o menor valor de L obtido no experimento 1, foi de 78,8, não se distanciando muito das outras amostras.

A qualidade do produto obtido nesse estudo, de maneira geral, foi considerada satisfatória, já que quase todas as análises conseguiram alcançar em boa parte dos tratamentos, resultados dentro dos padrões estabelecidos pela norma e/ou literatura. Apenas o pH, crioscopia, ângulo de repouso, molhabilidade e a densidade do pó (real e aparente) apresentaram alguns tratamentos com valores fora da norma ou literatura. Analisando todos os tratamentos, os que apresentaram melhores resultados foram o 10

(190 °C/500 Hz/20%), que mostrou ótimos resultados nas análises, com excessão da molhabilidade que não foi muito satisfatória e do rendimento que foi um pouco mais baixo (73,2%) e o 13 (190 °C/400 Hz/30%), ponto central, que em praticamente todas as análises obteve resultados descritos pela norma e/ou literatura, com excessão da crioscopia e molhabilidade, no entanto, teve um rendimento excelente (81%).

2.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHEL, A.; NADOLU, D.; BUSURICU, F. Chemical composition of milk at Carpathian goats under semi-intensive farming conditions. **Revista Lucrări Științifice, Seria Zootechnia**, v. 74, p. 92-96, 2020.

ALVES, M. P.; DANTAS, T. N. P.; GUSMÃO, T. A. S. Avaliação da qualidade de leite produzido no município de Caturité. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 17-27, 2020.

BALKE, M.; KILIAN, J.; STEFFESNS, C.; SOARES, M. B. A.; STEFFESNS, J. Avaliação do Processo de Obtenção de Leite em Pó Pelo Processo de Secagem em *spray dryer*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20, **Anais...COBEQ**, Florianópolis, 2014.

BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; MELO, M. O. P.; NASCIMENTO, A. P. S.; SILVA, V. M. de A. Avaliação dos parâmetros de qualidade dos leites de cabra comercializados em Monteiro-PB. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 7662, 2019.

BOX, G.; BEHNKEN, D. **Some new three level designs for the study of quantitative variables**. **Technometrics** 2: p. 455-475, 1960

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra (Instrução Normativa nº 37, de 31 de outubro de 2000)**. Diário Oficial da União, 2000.

CAMPOS, M. M. **Análise da escoabilidade de pós**. 2012, 129 p. Dissertação de Mestrado. Engenharia Química. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - SP, 2012

CARMO, E. L.; FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S. V. Microencapsulação por spray drying, novos biopolímeros e aplicações na tecnologia de alimentos. **Revista de Engenharia Química e Química**, V. 1, n. 2, p. 30-44, 2015.

CARNEIRO, I. S.; MENEZES, J. N. R.; MAIA, J. A.; MIRANDA, A. M.; OLIVEIRA, V. B. S.; MURRAY, J. D.; MAGA, E. A.; BERTOLINI, M.; BERTOLINI, L. R. Milk from transgenic goat expressing human lysozyme for recovery and treatment of gastrointestinal pathogens. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.. 112, p. 79-86, 2018.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Evaluation of the drying parameters of soursop pulp powder obtained by drying in a spray dryer. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20,p. 1-8, 2017.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behaviour of spray dried soursop pulp powder. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-8, 2018.

CHAVES, H. S.; SOUZA, P. C. A.; BIRCHAL, M. A. S.; BIRCHAL, V. S. Avaliação do Comportamento da Secagem em Spray a Partir da Simulação do Modelo de Leite Integral e Desnatado. In: Encontro Nacional sobre Escoamento em Meios Porosos, 37, **Anais... ENEMP**. Universidade Federal de São Carlos, 2015.

CHEN, X. D.; LIN, S. X. Q.; PATEL, K. C.; WOO, M. W. **A simplified design procedure for spray dryers for milk powder manufacture**. v. 1, Ed. Woo, 2010, Singapore, p. 183-196.

COELHO, M. C. S. C.; RODRIGUES, B. R.; COELHO, M. I. de S.; LIBÓRIO, R. C.; COSTA, F. F. P. da; SILVA, G. L. da. Caracterização físico-química e microbiológica do leite de cabra produzido em Petrolina-PE. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 3, p. 175-182, 2018.

COSTA, J.; MOURA NETO, L. G.; RODRIGUES, S.; COSTA, J. M. C. Avaliação do uso de goma arábica como adjuvante de secagem para camarão em pó obtido por spray-dryer. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, p. 1-8, 2020.

COSTA, R. A.; FERNANDES, A. V. SILVA, L. C. F. da. Estudo da distribuição da atomização em um *spray dryer* de disco rotativo em função da rotação e altura do sistema do atomizador. In: 16º Congresso Nacional de iniciação científica, 16, **Anais...CONIC – SEMESP**, 2017.

DANTAS, P. V. S. **Influência do congelamento do suco do fruto da laranja (*Citrus sinensis*) nas propriedades físico-química dos pós de suco obtidos por spray dryer**. Monografia em Engenharia Química. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. 68p.

DANTAS, P. R.; TAVARES, M. M. Dimensionamento do raio de pulverização dos discos rotativos de um *spray dryer* utilizando biomassa de banana verde. In: Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP, 13, **Anais...Guarujá**. 2016.

DAVIS, B. I.; SIDDIQUE, A.; PARK, Y. W. Effects of different storage time and temperature on physicochemical properties and fatty acid profiles of commercial powder goat milk products. **Journal of Advances in Dairy Research**, v. 5, n. 4, p. 1-7, 2017.

DESHWAL, G.; SINGH, A. K.; KUMAR, D.; SHANMA, H. Effect of spray and freeze drying on physico-chemical, functional, moisture sorption and morphological characteristics of camel milk powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 134, p. 110-117, 2020.

ENGEL, B. Emprego de *spray dryer* na indústria de alimentos: Uma breve revisão. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 7, n. 2, p. 2-11, 2017.

FARIA, T. S. **Avaliação do efeito do processo de secagem do extrato de jenipapo (*Genipa americana* L.)**. 2019, 79 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

FEITOSA, R. M. **Secagem por aspersão e em camadas de espuma da polpa de murta**. 2014, 236 p. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.

FERREIRA, A. P. R.; SOUSA, M. S. M. L.; LIMA, N. D.; SOUSA, S. L.; SANTOS, S. M. L.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Estudo comparativo das características físicas e físico-químicas de pós de pitaya roxa obtidos por secagem em leite de jorro e spray-dryer. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20, **Anais...Florianópolis**, 2014.

FIALHO, T. L.; MARTINS, E.; SILVEIRA, A.; SILVA, C. R. J. Lactose hydrolyzed milk powder: Thermodynamic characterization of the drying process. **Drying Technology**, v. 36, n. 8, p. 922-931, 2017.

FIGUEIREDO, N. C. **Leite de cabra: diagnóstico de qualidade na mesorregião da zona da mata mineira e estudos das alterações do leite armazenado por sete dias em condições laboratorias**. 2017, 47 p. Dissertação de Mestrado em Veterinária. Universidade Federal de Minas, Belo Horizonte, 2017.

FONSECA, C. R.; BENTO, M. S. G.; OLIVEIRA, C. A. F. Physical properties of goat milk powder with soy lecithin added before spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 608-611, 2011.

FREITAS, E. D. F. M.; LOPES, L. L.; ALVES, S. M. F.; CAMPOS, A. J. de. Efeito da maltodextrina no sumo da polpa de abacaxi 'Pérola'atomizado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 275-282, 2019.

FURLAN, D.; GOBBI, D. L.; GUTKOSKI, L. C. Qualidade do leite em pó produzido por *spray dryer*. In: Congresso Brasileiro de Química, 52, **Anais...** Recife, 2012.

GAIANI, C.; MORAND, M.; SANCHEZ, C.; TEHRAMY, E. A.; JACQUOT, M.; SCHUCK, P.; JEANTED, R.; SHER, J. How surfasse composition of high milk proteins powder is influenced by spray-drying temperature. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 75, n. 1, p. 377-384, 2010.

GARNDRÁ, R. L. P. **Produção de material de referência para o escopo umidade, cinzas, gordura total e acidez titulável em leite em pó integral**. 2013, 142p. Dissertação de mestrado em Farmácia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

GOULA, A. M.; ADAMAPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 1, p. 35-42, 2005.

GUERRA, R. B.; NEVES, E. C. A.; PENA, R. S. Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 443-447, 2005.

HAMMES, M. V. **Estudo da influência da adição de lectina de soja na molhabilidade do leite de búfala em pó obtido por spray drying**. 2013, 88p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

HIOLA, R.; TUNGADI, R. Development of effervescent granule of corn milk, supplemented with probiotics lactobacillus strain shirota. **International Journal of Applied Pharmaceutics**, v. 10, n. 5, p. 71-75, 2018.

IAL - Instituto Adolfo Lutz- **Normas Analíticas; métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JAMES, N. D. S. **Estabilização de óleos vegetais poli-insaturados (Punica granatum e Glicine max) por microencapsulamento em spray dryer**. 168p. Tese de Doutorado em Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2008.

KESHANI, S.; DAUD, W. R. W.; NOUROUZI, M. M.; NAMVAR, F.; GHASEMI, M. Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. **Journal of Food Engineering**, v. 146, p. 152-162, 2015.

KILIAN, J.; FERNANDES, I. A.; STEFFENS, C.; SOARES, M. A.; STEFFENS, J. Produção e caracterização de leite em pó de ovelha. **Revista Perspectiva**, v. 40, n. 151, p. 29-38, 2016.

KIM, E. H. J.; CHEN, X. D.; PEARCE, D. Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 26, n. 3, p. 197–212, 2002.

LEITE, A. C. N. **Estudo da cinética de secagem em camada de espuma (foam-mat drying) da hortelã-da-folha-miúda (Mentha crispa)**. 2018, 108p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

LIMA, J. E. M. S. **Avaliação de leite de cabra em diferentes ordens de parto**. 2018. 30p. Monografia. Tecnologia em Agroecologia. Universidade Federal de Campina Grane, Sumé, 2018.

LISBOA, H.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M Modeling of food drying processes in industrial spray dryers. **Food and Bioproducts Processing**, v. 107, p. 49-60, 2018.

MATYSEK, M.; LITWINCZUK, Z.; FLOREK, M.; BARLOWKA, J. The effects of breed and other factors on the composition and freezing point of cow's milk in Poland. **International Journal of Dairy Technology**. v. 64, n. 3, p. 336-342, 2011.

MCDONAGH, A. F.; TAJBER, L. The control of paracetamol particle size and surface morphology through crystallisation in a spray dryer. **Advanced Powder Technology**, v. 31, n. 1, p. 287-299, 2020.

MEDEIROS, K. C.; DEODATO, J. N. V.; MARTINS, S. S.; SEVERO, D. S.; ARAÚJO, A. S. Qualidade de leite em pó integral comercializados em Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v 9. , n. 4 , p. 50 - 52, 2014.

MENSEN, K. F. R. **Controle da qualidade: análises físico-químicas do leite e derivados em uma indústria de beneficiamento de leite**. 2015, 81p. Monografia em Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MILOVANOVIC, B.; DJEKIC, I.; MIOCINOVIC, J.; DJORDJEVIC, V.; LORENZO, J. M.; BARBA, F. J.; MORLEIN, D.; TOMASEVIC, I. What is the color of milk and dairy products and how is it measured? **Revista Foods**, v. 9, n. 11, p. 1-17, 2020.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 53 de 01 de outubro de 2018. **Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade de leite em pó**. DF, n.53.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 146 de 7 de março de 1996**, Brasília, 1996.

NOVAES, S. S. C. **Leite em pó integral adicionado de microcápsulas de ômega 3: obtenção de mistura uniforme e efeito das condições de estocagem sobre a estabilidade do produto em diferentes embalagens**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de alimentos. Campinas, 2018.

OLIVEIRA, A. H. **Obtenção do leite de cabra em pó por *spray dryer*: secagem, modelagem e simulação do processo.** Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas. IETEC. 78p. Belo Horizonte, 2018.

OLIVEIRA, W. E. S.; LIRA, E. da S., ALVES, A. J. L.; CAVALCANTE, J. de A.; ROMÃO, T. D.; MOREIRA, M. F.; NETO, E. N. R.. Estudo da distribuição de ar em secador e influência na qualidade do produto seco. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 49857-49864, 2020.

OLIVEIRA, S. N. **Liofilização de polpa de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast) para obtenção de produtos alimentícios.** 2018, 271 p. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

OLIVEIRA, K. A. M.; JARDIM, D. M.; CHAVES, K. S.; OLIVEIRA, G. V. de; VIDIGAL, M. C. T. R. Avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de queijo minas frescal de leite de cabra desenvolvido por acidificação direta e fermentação láctica. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 3, p. 166-178, 2016.

PÁDUA, F. S. D.; COUTO, E. P.; NERO, L. A.; FERREIRA, M. D. A. **Qualidade físico-química e microbiológica de leite de cabra produzido no Distrito Federal.** Ciência Animal Brasileira, v. 20, 2019.

PATIL, V.; CHAUHAN, A. K.; SINGH, R. P. Optimization of the spray-drying process for developing guava powder using response surface methodology, **Powder Technology**, v. 253, p. 230-236, 2014.

PEQUENO, A. de. **Avaliação da qualidade de leite de cabras de diferentes genótipos.** 2018, 33 p. Monografia em tecnólogo em Agroecologia. Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2018.

PEREIRA, A. V. L.; SILVA, D. M.; SOUZA, M. C.; TREVIZAM, C. J.; GOMES, H. A. S. Análise da secagem de silicato de sódio por meio de *spray-dryer*. **Revista Engenho**, v. 11, n. 1, p. 29-47, 2019.

PERRONE, Í. T.; SIMEÃO, M.; JÚNIOR, P. H. R.; STEPHANI, R.; CARVALHO, A. F. de. Influência das condições de operação em *spray dryer* piloto sobre a umidade e a atividade de água do leite em pó integral. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, p. 5-9, 2013.

PERRONE, I. P.; SILVEIRA, A. C. P.; MARTINS, E.; CARVALHO, A. F.; SCHUCK, P. Soro em pó: estado vítreo e condições de operação do *spray dryer*. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 2, p. 106-118, 2016.

QUEIROZ, E. S.; REZENDE, A. L. L.; PERRONE, Í. T.; FRANCISQUINI, J. D. A.; CARVALHO, A. F. de; ALVES, N. M. G.; STEPHANI, R. Spray drying and characterization of lactose-free goat milk. **LWT - Food Science and Technology**, v. 147, p. 1-9, 2021.

RIBEIRO, C. A. C. **Efeito do processo de pasteurização sobre a qualidade química, aromática e sensorial do leite de cabra do cariri paraibano.** 2020, 122p. Tese de Doutorado em Engenharia de Processos. Universidade Federal de Campina Grande, 2020.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações. In: Jornada Científica da Fazu/Faculdades Associadas de Uberaba, **Anais...Uberaba**, V. 5, 2006

SALAZAR, T.; MADISON, M. **Determinación de parámetros tecnológicos para el atomizado de pulpa de mango (*Mangifera indica*) con agua de coco (*Cocos nucifera*) edulcorado con estevia**. 2019, 214p. Universidade Nacional de San Martín, Tarapoto, 2018.

SANTOS, D. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, E. N. A. de; FALCÃO, L. V. Caracterização de leite Caprino comercializado na região do vale do Jaguaribe, Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 289-295, 2012.

SANTOS, C. S.; SALAZAR, R. F. S.; SALAZAR, L. N. Tecnologia e Processamento de leite em pó: Revisão de literatura. In: Seminário Interinstitucional de ensino pesquisa e extensão, 20, **Anais...Cruz Alta**, v. 5, 2015.

SANTOS, P. P. **Otimização do processo de secagem do extrato de beterraba em leite de espuma (Master's thesis)**. 2018, 82p. Dissertação de mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2018.

SANTOS, T. C. **Avaliação microbiológica e físico-química do leite de cabra no município de Gurjão-PB**. 2019, 41p. Monografia. Medicina Veterinária. Universidade Federal da Paraíba. 2019.

SANTOS, V. M.; GOMES, E. R.; PAIVA, V. N.; STEPHANI, R.; CARVALHO, A. F. de; PERRONE, Í. T. Soro de leite com hidrólise da lactose: desafios na secagem. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 2, p. 102-111, 2018.

SANTOS, J. V. I.; LIMA JUNIOR, A. C. de; ARAÚJO, T. G. P.; FARIAS, B. J. P.; LISBOA, A. C. C. Avaliação da qualidade do leite de cabra em uma propriedade no município de Monteiro-PB. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 7682, 2019.

SCHEIBEL, M. **Avaliação e dimensionamento de um sistema de transporte pneumático em uma indústria de leite em pó**. 2018. 72p. Monografia. Engenharia Química, Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Lajeado, 2019.

SHISHIR, M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 65, p. 49-67, 2017.

SILVA, E. P. **Desenvolvimento de um método experimental de baixo custo para determinação do diâmetro máximo de câmara de secagem para spray dryer com bocal rotativo**. 2013, 138p. Tese de Doutorado. Engenharia química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2013.

SILVA, L. F. N. **Perfil de produtores da associação de criadores de cabras leiteiras do Leste e Agreste Potiguar**. 2014, 63p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, 2014.

SILVA, R.; LIMA, E.; DANTAS, S.; DANTAS, T.; MEDEIROS, M. F. D. de. Secagem do extrato da casca de berinjela em *spray dryer* com adição de adjuvantes. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 12, **Anais...COBEQ**, São Carlos, 2017.

SILVA, R. M.; CRUZ, J. F. da; PEREIRA, P. A.; REZENDE, M.; NETO, T.; BRITO, N. D.; FIGUEREDO, J. S. Influência do período de lactação sobre as características físico-

químicas do leite de cabras Boer. In: Seagrus – Semana da Agronomia – UESB, 7, **Anais...Vitória da Conquista**, 2017.

SILVA, J. A. S. L. **Desidratação de ervas condimentares: análise do processo de secagem**. 2019, 45p. Monografia. Nutrição. Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2019.

SILVA, E. M. N.; SILVA, G. A.; SOUZA, B. B. de; ALCÂNTARA, M. D. B. de; CARVALHO, M. D. G. X. de. Influência da fase de lactação e do intervalo entre as ordenhas sobre a composição e produção de leite de cabras no semiárido. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 26, n. 3, 99-103, 2019.

SILVEIRA, A. C. P.; PERRONE, Í. T.; RODRIGUES JÚNIOR, P. H.; CARVALHO, A. F. de. Secagem por Spray drying: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 68, n. 391, p. 51–58, 2013.

SINGH, R. P.; HELDMAN, D. R. **Introduction to food engineering**. 4th ed. Orlando: Academic Press, 2009. 864p.

SOUSA, L. M.; FERREIRA, M. C. Avaliação de densidades bulk de pós em diferentes estados de compactação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica, 10, **Anais...COBEQ**. Vassouras, 2013.

SOUZA, J. S. R. **Produção e composição do leite de cabras saanen alimentadas com diferentes carboidratos associados à ureia**. 2019, 69p. Tese de doutorado (Integrado). Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará. Recife, 2019.

TOLEDO, P. H. M.; PEREIRA, J. P. F.; PERRONE, Í. T.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, L. F. C.; STEPHANI, R. Caracterização da superfície de partículas de produtos lácteos desidratados. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 75, n. 1, p. 10-21, 2020.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Revista Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 70-76, 2013.

TORRES, J. K. F. **Caracterização e secagem e spray dryer de leite em pó integral com lactose hidrolisada**. 2016, 49 p. Dissertação de Mestrado. Farmácia. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

TORRES, J. K. F.; STEPHANIA, R.; TAVARESA, G. M.; CARVALHO, A. F. de; COSTA, R. G. B.; ALMEIDA, C. E. R. de; ALMEIDA, M. R. de; OLIVEIRA, L. F. C.; SCHUCKD, P.; PERRONEA, I. T. Technological aspects of lactose-hydrolyzed milk powder. **Food Research International**, v. 101, p. 45-53, 2017.

URBANO, E. A.; SOUZA JR, F. E.; MEDEIROS, U.; MEDEIROS, M. Leite de cabra em pó produzido em leite de jorro: propriedades do pó. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 8, **Anais...COBEQ**. Uberlândia, 2009.

VICENTE, S. L. A.; NOGUEIRA, D. M.; VOLTOLINI, T. V.; YAMAMOTO, S. M.; LOPES JÚNIOR, E. S.; MORAES, S. A. Avaliação on-farm dos níveis de energia na dieta sobre a produção e a composição físico-química de leite de cabras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 4, p. 1424-1432, 2020.

VILLAR, B. J. A.; ANDRADE, P. B. de; SILVA, A. C. R. T. da; MAIA, L. R.; LIMA, L. S. L.; SILVA, A. B.; MORENZ, D. A.; FONSECA, C. E. M. da. Produção e composição do leite de cabras alimentadas com feijão guandu. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 28, **Anais...** Goiânia, 2018.

YAAKUB, N. A. M.; ZAINI, H. M.; XIANG, L. J. Effect of spray drying temperature differences on the gross nutritional composition and solubility and sinkability of goat milk powder. **Journal of Bangladesh Agricultural University**, v. 17, n. 2, p. 206-210. 2019.

YURLIASNI, Z.; HANUM, F.; MULIAWAN, A. K. Quality of fermented goat milk and powder milk using *Lactobacillus plantarum* and optimizing their antibacterial ability against enterobacteriaceae. In: IOP Conference Series: earth and Environmental Science. v.387, **Anais...** Indonésia, 2019.

CAPÍTULO 03

PROJETO DE LAYOUT DA FÁBRICA DE LEITE EM PÓ

3.1 INTRODUÇÃO

A competitividade do mercado atual tem gerado a necessidade da melhoria contínua do setor produtivo, e um dos fatores que influenciam diretamente essa melhoria na produção é o estudo do layout ou arranjo físico de uma empresa que objetiva otimizar os processos e diminuir os investimentos necessários, aproveitando recursos disponíveis de forma eficiente. A detecção dos pontos críticos, principalmente em empresas do ramo alimentício, também é de extrema importância, monitorando sempre a produção e evitando prejuízos futuros.

Cientificamente um projeto de layout é detectado como um problema difícil, em que o grau de complexidade é explicado pelos números de decisões inter-relacionadas e também por lidar com fatores internos e externos à planta (RISSO,2016). Para a organização internacional do trabalho (*International Labour office*), localizada em Genebra, o layout de uma empresa é simplesmente a posição relativa dos departamentos, seções, escritórios maquinários, estoques e trabalho manual ou intelectual localizados dentro da fábrica, oficina ou área de tarefas. Além disso, corresponde aos meios de suprimento e acesso às áreas de armazenamento e de serviços, em que todo esse conjunto formará o fluxo de trabalho. No entanto, sabe-se que tal estudo também está ligado a outras perspectivas como a segurança na atividade, diminuindo riscos de contaminações e acidentes e fatores de saúde ocupacional e de ergonomia, tentando reduzir a exposição aos ruídos e a fadiga excessiva.

Para projetar um layout é preciso analisar algumas informações específicas da empresa e do produto como matéria-prima, volume e sequência de produção, espaço necessário para cada máquina incluindo a área de circulação do operador, estoques, manutenção e informações sobre recebimento e transporte da mercadoria, entre outros. Também é importante o estudo da planta produtiva em relação à cadeia de fornecedores e consumidores, além da rede de infraestrutura como energia, segurança, comunicação, insumos de processos e tudo aquilo que é necessário para o bom funcionamento da empresa, já que esses fatores estão diretamente ligados ao projeto de edificação. O projeto de sistemas de manuseio de materiais é a logística interna da planta, ou seja, a seleção dos equipamentos e definição das rotas de abastecimento e recolhimento do produto.

Na Figura 3.1 verifica-se a delimitação do estudo do projeto de layout, em que primeiramente deve-se determinar a localização da planta fabril para em seguida, desenvolver o projeto de fábrica abordando aspectos como a infraestrutura,

movimentação de materiais e o layout propriamente dito que pode ser dividido em macro, correspondendo aos departamentos: micro que é relacionado a organização interna de cada departamento, ou seja, o posicionamento dos equipamentos e das estações de trabalho e o submicro que foca no estudo dos postos de trabalho de modo exclusivo (RISSO, 2016).

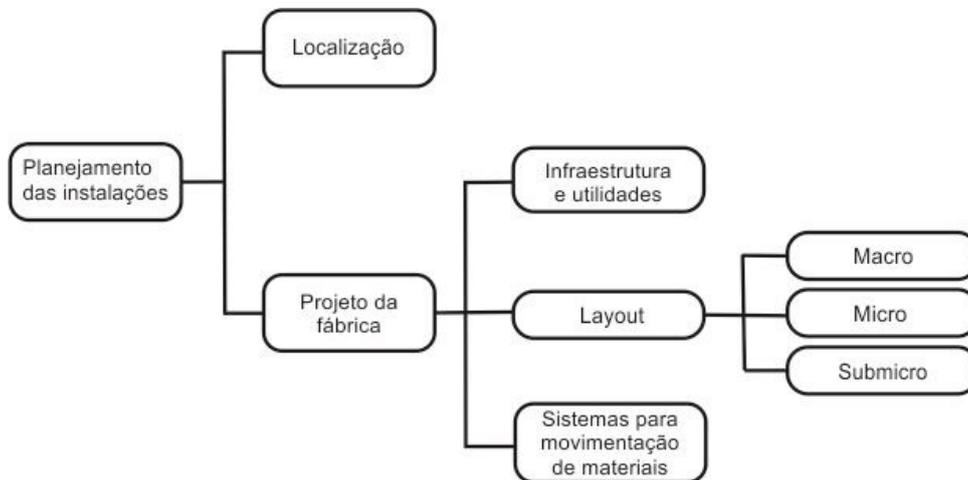


Figura 3.1 – Delimitação do estudo.

Fonte: adaptado de Tompkins et al. (2010).

O presente capítulo aborda o estudo do projeto de layout (macro e micro), aspectos importantes na criação da unidade produtora de leite de cabra em pó, objetivando a criação de um arranjo físico eficiente da planta produtiva. Para isso, se faz necessário o conhecimento do processo produtivo do produto, já adquirido no capítulo 1 e transformado aqui em gráficos e carta de processo. É imprescindível também, antes de iniciar o projeto da empresa em questão, conhecer os tipos de arranjos físicos para escolher o que melhor se adequa ao produto. Será adotado para o desenvolvimento do projeto de layout o método introduzido por Muther (1978), o SLP (*Systematic Layout Planning*), esse modelo é constituído por 4 fases que serão descritas neste capítulo.

3.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.2.1 Layout ou arranjo físico

A importância do estudo do layout foi identificada na década de 60, pela empresa Toyota a qual começou a estudar e implementar em suas empresas arranjos físicos mais convenientes para a linha de produção. Nas indústrias ocidentais esses estudos só foram implantados na década de 70. Atualmente, praticamente todas as empresas fazem uso desse importante conhecimento permitindo que avaliem suas áreas mais produtivas (LOPES, 2015), sendo de extrema importância tanto para a concepção de uma nova fábrica como para a expansão produtiva ou ainda para a readequação da dinâmica de operação de um espaço ou de uma planta produtiva já existente (AZADEH et al., 2014).

Em síntese, pode-se dizer que layout ou arranjo físico é a organização do maquinário, equipamentos, setores e pessoal da produção, contudo é um conceito ainda mais amplo que envolve também decisões de planejamento, além do posicionamento das máquinas, como também das estações de trabalho, centro de atividades econômicas, áreas de atendimento ao consumidor, estoque, padrões de fluxo de materiais e todas as áreas de circulação. Tal estudo é tão relevante que pode conferir melhorias decisivas para a competitividade da empresa no mercado, já que o arranjo físico gera impacto nos custos de produção, diminuindo as distâncias para a eficiência produtiva objetivando o crescimento da produtividade e redução dos custos, com melhor aproveitamento de insumos, mão de obra, processos, entre outros. (REIS et al., 2017). O layout limina perdas existentes no processo de produção, transporte, além de melhorar o índice de qualidade do produto e reduzir tempo de produção aumentando a produtividade (CORREIA et al., 2018). Por tais motivos esse estudo é uma ferramenta muito importante na concorrência das empresas sendo uma boa alternativa para aumentar a lucratividade tanto de pequenas fábricas até grandes indústrias (SANTOS et al. 2018).

De acordo com Brito et al. (2015), os arranjos físicos se baseiam em três conceitos fundamentais: inter-relações – grau de dependência ou proximidade entre as atividades; espaço – quantidade, tipo (forma) ou configuração dos itens a serem posicionados; e ajuste – arranjo das áreas e equipamentos da forma mais viável.

Um arranjo físico adequado deve ajudar na eficiência e segurança da produção, por isso é importante que haja conformidade entre a ferramenta e as necessidades organizacionais e as normas da empresa. Existem princípios básicos que orientam o

projeto de layout ou arranjo físico que são: segurança, economia de movimentos, flexibilidade de longo prazo, princípio da progressividade, e uso do espaço (LIRA et al., 2017).

O planejamento do layout ou a otimização das instalações fabris procura organizar os espaços de modo que a área disponível seja utilizada de maneira ideal, diminuindo as áreas de tráfego e as distâncias totais percorridas pelos produtos e colaboradores (ARNOLDS & GARTNER, 2018). Esse arranjo físico deve ser cuidadosamente planejado para se obter um sistema viável e eficiente (CHEN et al., 2018), sendo eficiente quando o produto se movimenta pouco, apenas o indispensável, com a distância reduzida ao mínimo entre as operações. A distribuição adequada deve levar em conta os espaços necessários para uma boa movimentação de materiais, máquinas, trabalhadores, armazenamento e outras atividades que ocorrem durante o processo (PELÁEZ & MONTEZA, 2017).

Oriotote et al. (2017) corroborando com os autores anteriormente citados, dizem que os principais objetivos para o estudo do layout são: minimizar o tempo total de produção, melhorar o aproveitamento do espaço físico, reduzir o custo de manuseio de materiais, diminuir a variação de tipos de equipamentos e investimentos, melhorar a segurança e conforto dos colaboradores, preservar a flexibilidade do arranjo físico dos equipamentos e operações, acessibilidade, clareza de fluxo, otimização do processo e manufatura além de otimizar a estrutura organizacional.

De acordo com Petry (2015) para o projeto de layout de uma empresa é importante analisar 8 fatores:

- 1 – Materiais– Matéria-prima, suprimentos, embalagens, infraestrutura para acondicionar a matéria-prima;
- 2 – Equipamentos– As dimensões, acessórios, energia e suprimentos necessários e a operação e manutenção desses equipamentos;
- 3 – Mão de obra – Quantidade de trabalhadores diretos e indiretos, supervisores e chefes;
- 4 – Movimento – Infraestrutura como rampas, trilhos, pontes rolantes, elevadores, vias depósitos, suportes, estoques, expedição, equipamentos de transporte e a manutenção dos mesmos;
- 5 – Esperas – Área de recebimento e entrada de material, expedição e saída,

manutenção de máquinas e estacionamento;

6 - Serviços – Vestuários, banheiros, local para assepsia, comunicação interna e externa, treinamento, climatização e manutenção;

7 – Edifício – Infraestrutura do edifício, pisos, ventilação, climatização, espaço interno, entrada e saída;

8 – Mudanças – Procedimentos, trajetos, mapa de fluxo e vias.

Com tantos objetivos a serem alcançados, um arranjo físico adequado será responsável pelo bom desenvolvimento das atividades empresariais. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a análise dos pontos fracos com a finalidade de saná-los antes que eles causem prejuízos (SILVA & MORAES, 2015). Estudar o layout de empresas é um modo simples de melhorar, a um custo mínimo, o processo produtivo, organizando o maquinário e pessoal com o intuito de melhorar o fluxo, evitando o desperdício de produção (OLIVEIRA et al., 2014). Os custos da produção podem e devem ser analisados pela ótica do layout que busca sempre melhorar o processo produtivo (SILVA et al., 2016).

É válido ressaltar que os custos com o layout, quando realizados no início do projeto, não são altos, porém quando a empresa já está em funcionamento e pretende fazer qualquer modificação no arranjo físico, principalmente quando envolve o deslocamento de máquinas pesadas, o custo é bem mais elevado, visto que na maioria dos casos implica na parada da produção. Ferreira e Reas (2013) endossaram que a reestruturação do layout produtivo é uma atividade complexa e de alto custo, demandando muito tempo de execução. Um projeto mal elaborado pode gerar dificuldades na produção como atrasos, estoques confusos entre outros problemas que deixam os consumidores internos e externos insatisfeitos (KANNAN, 2010). Porém, mesmo com o custo elevado é importante a sua reestruturação, já que o mercado competitivo atual obriga a busca por processos de produção cada vez mais otimizados, sem grandes perdas e alta produtividade de produtos com qualidade (GERLACH, 2013).

Rosa et al. (2014) afirmaram que os Estados Unidos investem mais de 250 milhões de dólares por ano para reconfigurar instalações dentro das empresas e terem maior lucratividade. Pelo dinamismo crescente do mercado, é importante que os ambientes fabris sejam capazes de propiciar flexibilidade na reconfiguração da planta fabril, permitindo decisões pontuais no setor produtivo (SHAFIGH et al., 2015). Desse modo é verificado que o acerto no projeto de layout é determinante para a viabilidade

financeira da operação em questão (PILLAI et al., 2011).

Esse tipo de projeto tem que ser cautelosamente desenvolvido, sempre analisando de modo específico a natureza de cada empresa, já que um erro no arranjo do maquinário, estrutural ou instalações inadequadas podem gerar grandes prejuízos. Para um bom planejamento faz-se necessário o conhecimento aprofundado da empresa, do produto e de seu processo de fabricação (Capítulo 1), além de estudar a demanda, movimentação de mercadoria, estoque e quantidade de colaboradores que irão circular no chão de fábrica. Todos esses elementos vão formar o fluxo de produção que deverá ser o mais fluido possível.

É importante estudar com afinco o processo produtivo para escolher de maneira coerente o tipo de layout a ser utilizado. Os tipos mais comumente citados na literatura e classificados como convencionais são: Layout em linha ou por produto, funcional ou por processo, celular ou células de manufaturas e de posição fixa ou posicional, cada um com características próprias. A seguir tem-se as principais características dos principais tipos:

Layout por posição fixa

De acordo com Silva et al. (2016) layout por posição fixa é aquele em que o produto permanece em lugar fixo e os operadores e ferramentas se movimenta em torno do mesmo. Empresas que utilizam esse tipo de layout são as que têm uma pequena variedade de produto e sua produção ocorre em área restrita como produtos artesanais, aviões, navios e equipamentos de grande porte. Tem como vantagem o fato de ser flexível para alterações no produto, é sempre adaptável a demanda e possui menor necessidade de planejamento da produção. As desvantagens desse modelo é que a produção é baixa e demorada, possui cruzamento inevitável no movimento de máquinas e operários, além de perda de material.

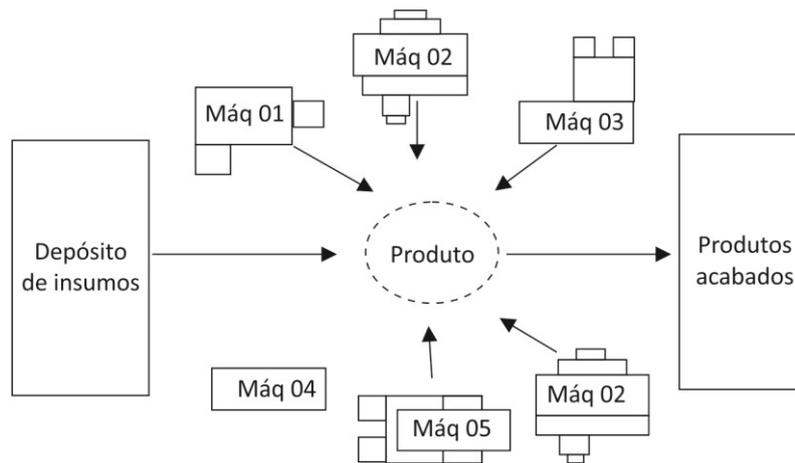


Figura 3.2 – Exemplo de layout posicional.

Fonte: RISSO, 2016.

Funcional ou por processo

Freitas et al. (2016) afirmaram que esse tipo de layout é destinado para uma grande variedade de produtos em pequenas quantidades. Os recursos são colocados de acordo com a função e suas necessidades comuns. As peças se movimentam em consonância com as operações, permitindo a criação de departamentos com operações do mesmo tipo feitas na mesma área. Esse tipo de arranjo fabrica vários tipos de produtos, sendo flexível na variação da demanda. Temos como exemplo o setor de usinagem onde é dividido em áreas de fresas, tornos, fornos, retíficas entre outros. A grande vantagem desse tipo de arranjo é a flexibilidade do produto, sendo adaptável a produtos de grande variação sazonal. Também é flexível quanto as mudanças nas sequências das operações. Oferece facilidade de supervisão, podendo ser feita por seção e a continuidade da produção pode ser mantida mesmo quando ocorre defeito em alguma máquina. Como desvantagem possui o fato de ter maior quantidade de material em processamento e ter um grande manuseio do produto.

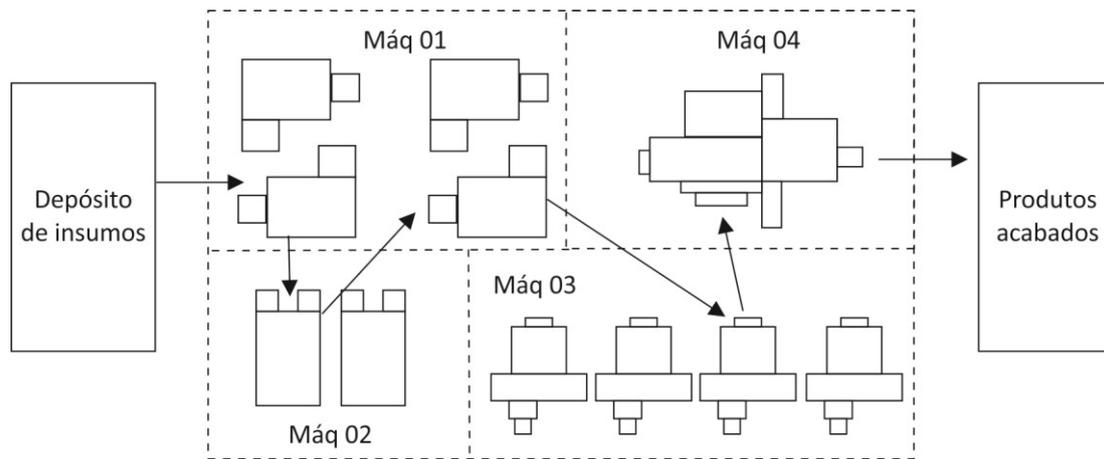


Figura 3.3 – Exemplo de layout Funcional.

Fonte: RISSO, 2016.

Linear ou por produto

Nesse tipo de layout, maquinário é disposto de acordo com o processo produtivo, facilitando o controle da produção e diminuindo o manuseio de materiais. Existe apenas um único produto fabricado em grande quantidade. Cada máquina, normalmente, executa sempre a mesma operação. Tem-se como exemplo a produção de produtos padronizados e em lotes como cimento, bebidas e linhas de montagens (SILVA et al., 2016). As vantagens para esse tipo de arranjo são inúmeras como o menor congestionamento nos postos de trabalho, supervisão e controle facilitado, redução de movimentos, menor perda de material, entre outros. As desvantagens são por possuir menor flexibilidade na demanda e a quebra de continuidade na produção quando houver algum defeito em alguma máquina na linha de produção.

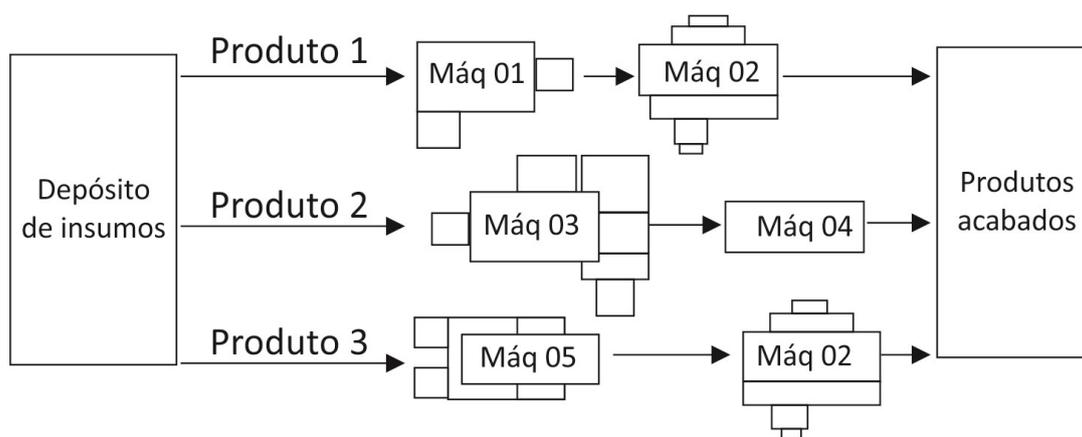


Figura 3.4 – Exemplo de layout linear.

Fonte: RISSO, 2016.

No layout celular, o material que será processado é mandado para a operação na qual ocorrerão várias etapas. Cada célula concentra os recursos necessários para produzir uma parte do produto e pode ter seus equipamentos organizados por produto ou processo. Esse modo procura confinar a movimentação de materiais em uma área específica, o que diminui o efeito negativo de fluxo intenso através de grandes distâncias (FREITAS et al., 2016).

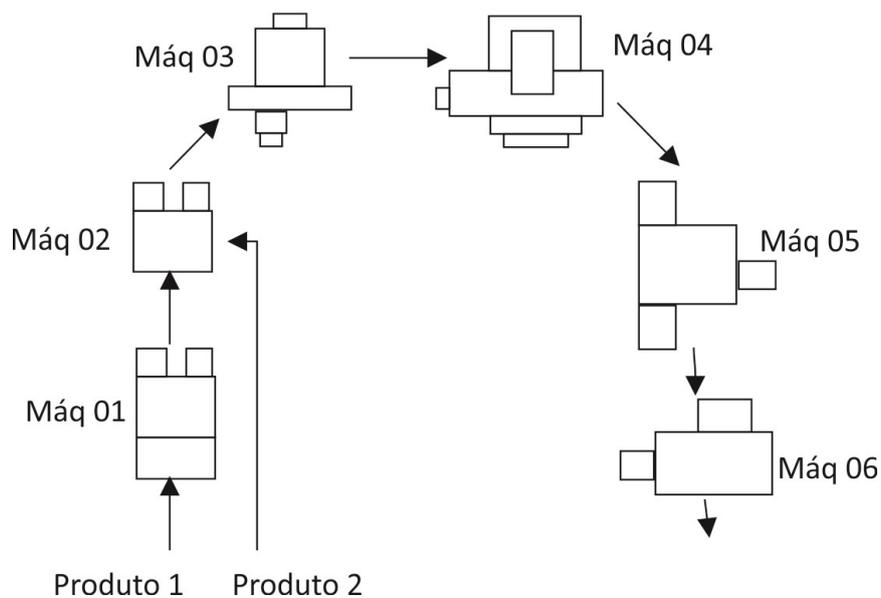


Figura 3.5 – Exemplo de layout celular.

Fonte: RISSO, 2016.

Na Tabela 3.1. verificam-se as características principais dos tipos de layout convencionais.

Tabela 3.1 - Resumo das principais características dos layouts convencionais

Tipo de Layout	Funcional	Em linha	Celular	Posicional
Tamanho do produto	Pequeno, médio e grande	Médio e grande	Pequeno médio	Muito grande
Grau de customização dos produtos	Alto	Baixo	Moderado	Muito alto
Processo de produção	Intermitente	Contínuo	Contínuo	Projeto sob encomenda
Tipo de produção	Lotes pequenos	Lotes grandes	Lotes médios	Lotes unitários
Orientação	Por processo	Por produto	Por família de produtos	Por projetos
Grau de repetição de processos	Baixo	Muito alto	Alto	Muito baixo
Perfil dos operadores	Especialista	Especialista	Multifuncional	multifuncional
Número de operadores	Variável	Constante	Constante	Variável

Fonte: Adaptado de Risso (2016)

De acordo com Wiendahl et al. (2015), antigamente as fábricas eram concebidas com os tipos de layouts convencionais e focavam em um regime de produção estável, idealizando o horizonte de planejamento a longo prazo. Com o passar do tempo elas passaram a almejar atributos de flexibilidade, modularidade ou ainda reconfigurabilidade, com a intenção de obter produtos com flutuações de demanda e com a notável redução do ciclo de vida do mesmo. Surgem assim os tipos de layout contemporâneos, os quais possuem relações diretas com os convencionais (Figura 3.6).

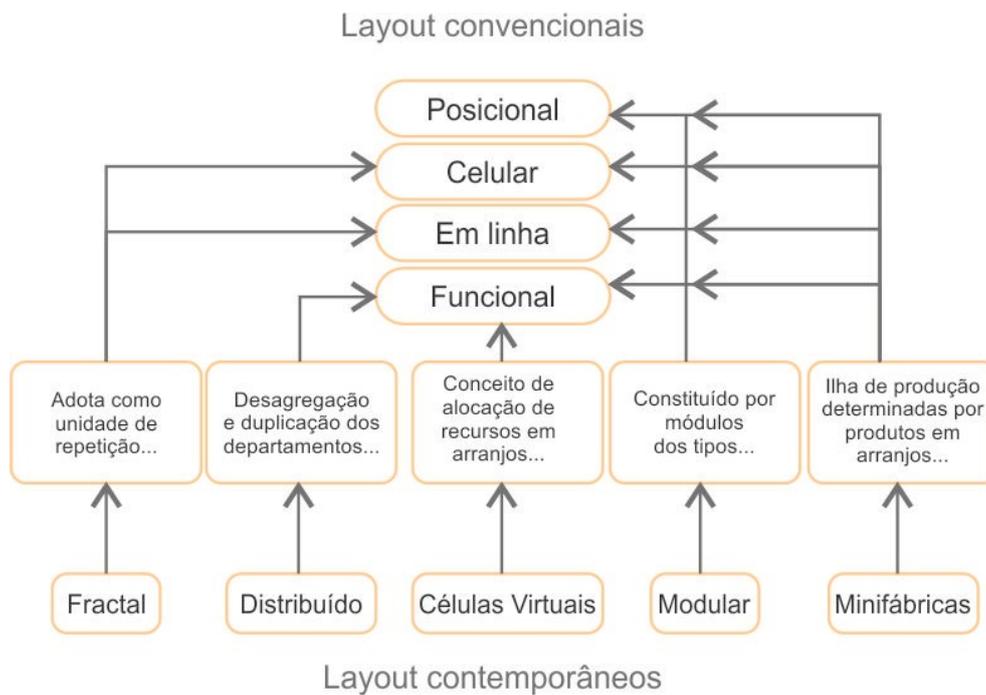


Figura 3.6 – Ligação entre os tipos de layout contemporâneos e convencionais

Fonte: Adaptado de Tompkins et al. (2010)

O layout contemporâneo representa um avanço para o tema gerando alternativas para aliar premissas e oferecer múltiplas rotas de processamento. Cada caso deve ser estudado cuidadosamente para definição do melhor tipo a ser empregado (GADELHA et al., 2015).

Além dos tipos já citados, existem também os chamados arranjos mistos que de acordo com Freitas et al. (2016) utilizam elementos de alguns ou de todos os tipos básicos de layout ou ainda utilizam combinações livres em determinada etapa do processo, existindo diferentes arranjos envolvidos. Esse tipo de layout é utilizado quando se deseja aproveitar as vantagens dos vários tipos de arranjo físico conjuntamente (BEM, 2013).

Seja qual for o layout escolhido é importante evitar o deslocamento de operadores ou materiais, ou se for necessário, que ocorra por distância mínima e trazer conforto e segurança para a equipe de trabalho (LEITE E DINIZ, 2006).

Para escolher o tipo de arranjo físico é importante analisar alguns fatores como:

1 – Volume/variedade - Se faz necessário analisar os dados coletados sobre o produto e a quantidade a ser produzida.

2 – Fluxo de materiais – A análise do fluxo de materiais é muito importante. Consiste na determinação da melhor sequência de movimentação de materiais através das etapas que o processo exige e a intensidade desses movimentos. Um bom fluxo deve permitir que o material se movimente durante o processo sem retornos, desvios, cruzamentos, dentre outros.

Para determinação do fluxo de processos em uma empresa de um único produto temos a carta de processos (produtos padronizados).

A carta de processos é um gráfico utilizado para o acompanhamento de uma determinada produção, descrevendo as etapas sequenciais do método, apresentando as principais informações sobre um processo produtivo de um produto ou sobre um serviço. Ela é criada principalmente para o entendimento de formas de elaboração do produto em si, suas características e fluxo produtivo. Por meio de figuras geométricas e outros elementos, quando bem elaborado, este gráfico consegue simplificar o fluxo das atividades, tendo como principais funções as de melhorar a compreensão dos processos e como eles estão interligados, apontar as atividades de rotina e como elas são desenvolvidas e identificar problemas e gargalos na produção (LIMA, 2016). A carta de processo utiliza a seguinte simbologia:

Símbolo	Ação	Resultado da ação
	Operação	Executa ou fabrica
	Transporte	Movimenta
	Inspeção	Verifica
	Espera	Interfere
	Armazena	Guarda

Figura 3.7 – Símbolos utilizados em cartas de processos

Na Figura 3.8 pode-se verificar um exemplo de uma carta de processo, nela é descrita o processo de fabricação de uma bateria de 60 Ah.

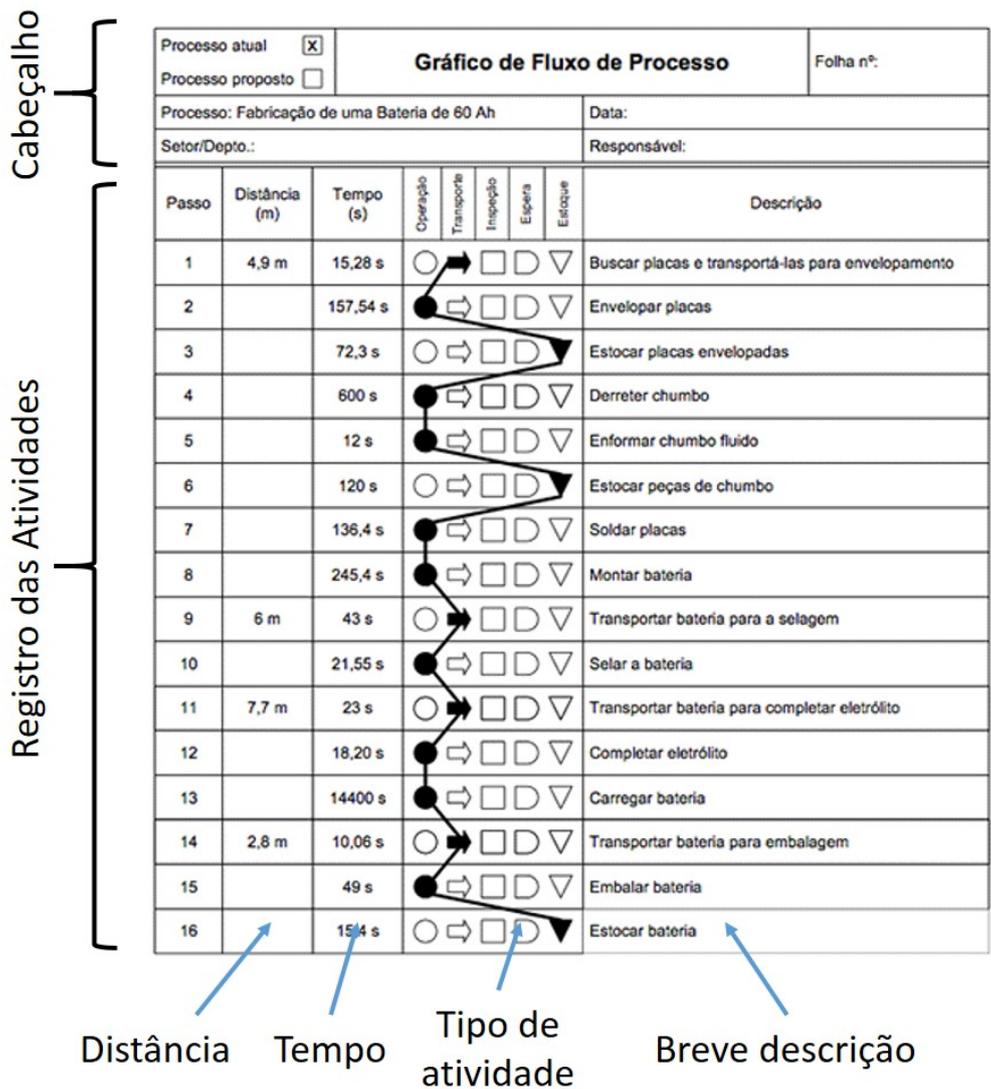


Figura 3.8 – Exemplo de carta de processo

Fonte: Lima (2016)

Depois de construir a carta de processos é importante fazer alguns questionamentos para verificar se há possibilidade de modificação no processo. Pascini (2006) mostrou as perguntas importantes para essa verificação:

Todas as operações são necessárias? Ou alguma pode ser eliminada?

Alguma operação pode ser combinada com outra?

Pode haver alguma mudança na sequência, locais e pessoas?

O método de execução da operação ou seu equipamento pode ser melhorado?

Feita todas essas análises detalhadas o resultado é o layout que determinará o fluxo de materiais, pessoas e informações no ambiente de produção (NEUMANN & SCALICE, 2015). É importante fazer o esboço do fluxo de materiais que normalmente segue uma combinação dos formatos mostrados, na Figura 3.9, por Tompkins et al. (2010).

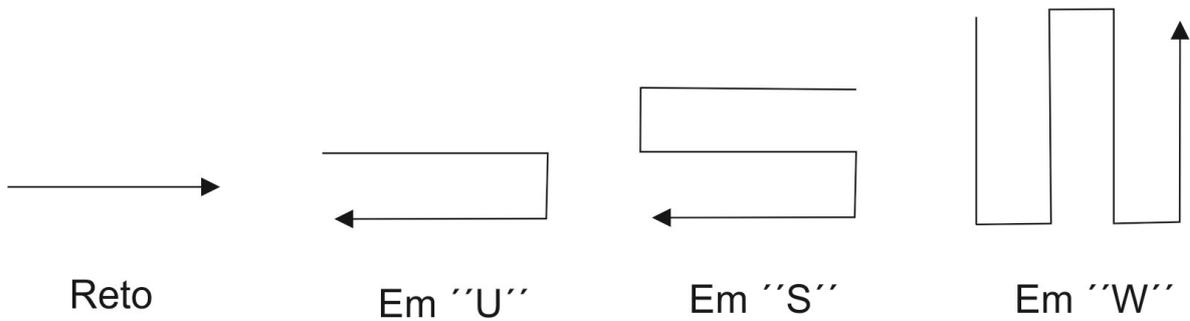


Figura 3.9 – Exemplo de fluxos de produção.

Fonte: Tompkins et al., 2010.

3.2.2 Método de Layout - Modelo SLP

Para o desenvolvimento do projeto de layout, existem vários modelos a serem seguidos. Um deles e o escolhido para o presente projeto é o SLP.

Também chamado de Systematic Layout Planning *Systematic Layout Planning* (SLP), ou Planejamento Sistemático de layout, o modelo criado por Richard Muther em 1961 é o primeiro para concepção de arranjos físicos. De acordo com Muther (1978) o método SLP é uma ferramenta que ajuda na tomada de decisões sobre o arranjo físico, para melhorar o posicionamento de máquinas, pessoas e equipamentos na linha de produção. Também identifica áreas com alta frequência e relações lógicas próximas umas das outras, se baseando na identificação, classificação e visualização dos elementos envolvidos no planejamento do layout. Esse planejamento permite que o fluxo de material seja mais rápido no processamento do produto com o menor custo e menor quantidade de manuseio (VERGARA et al., 2016).

Tem como intuito a identificação, dentre várias opções de cenário, aquele que melhor se adequa as necessidades da empresa, gerando excelentes resultados no processo fabril (OLIVEIRA et al., 2014). Essa metodologia é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisões com relação ao melhor posicionamento dos maquinários, instalações de modo geral além do pessoal da linha de produção.

Santos et al. (2018) mostraram que esse sistema é formado por uma estruturação de etapas, as quais os procedimentos são convenções para avaliação, identificação e visualização das áreas e dos elementos envolvidos. São quatro fases que podem ser usadas tanto para arranjos macros ou para o nível micro, ou seja, o posicionamento dos equipamentos que formam um departamento. As fases do modelo podem ser visualizadas na Figura 3.10 e são descritas abaixo:

Localização da área – Nessa fase é indicada a localização geográfica da fábrica, seja ela atual ou uma nova área.

Arranjo físico geral – É estabelecido nessa etapa a posição relativa entre os departamentos (macro).

Arranjo físico detalhado – Nessa fase é estudado a localização de cada equipamento e também todos os suprimentos e serviços.

Implantação - É a etapa de planejamento da implantação, estudando o deslocamento de máquinas e recursos e também os cálculos com os custos do projeto.

Sistema SLP

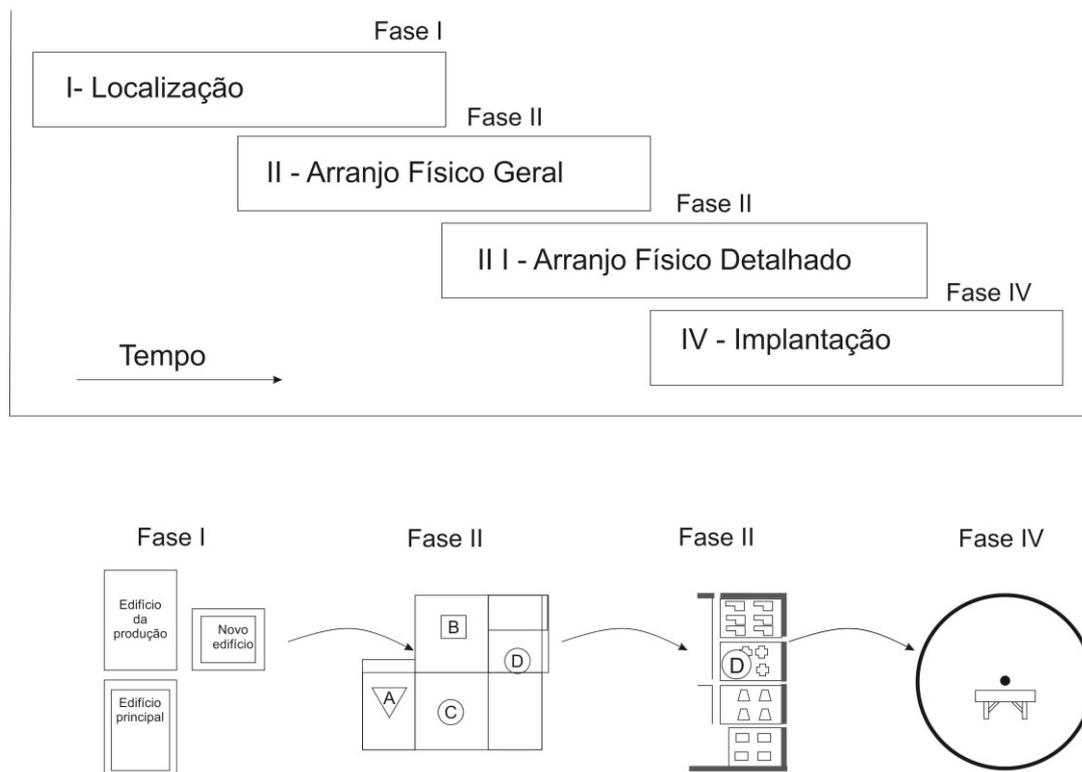


Figura 3.10 – Fases do sistema SLP.

Fonte: Adaptado de Fontes (2016)

Na Figura 3.11 verifica-se os passos do método SLP, um modelo de procedimentos e de uma série de convenções para identificar, avaliar e visualizar os elementos e áreas envolvidas no projeto.

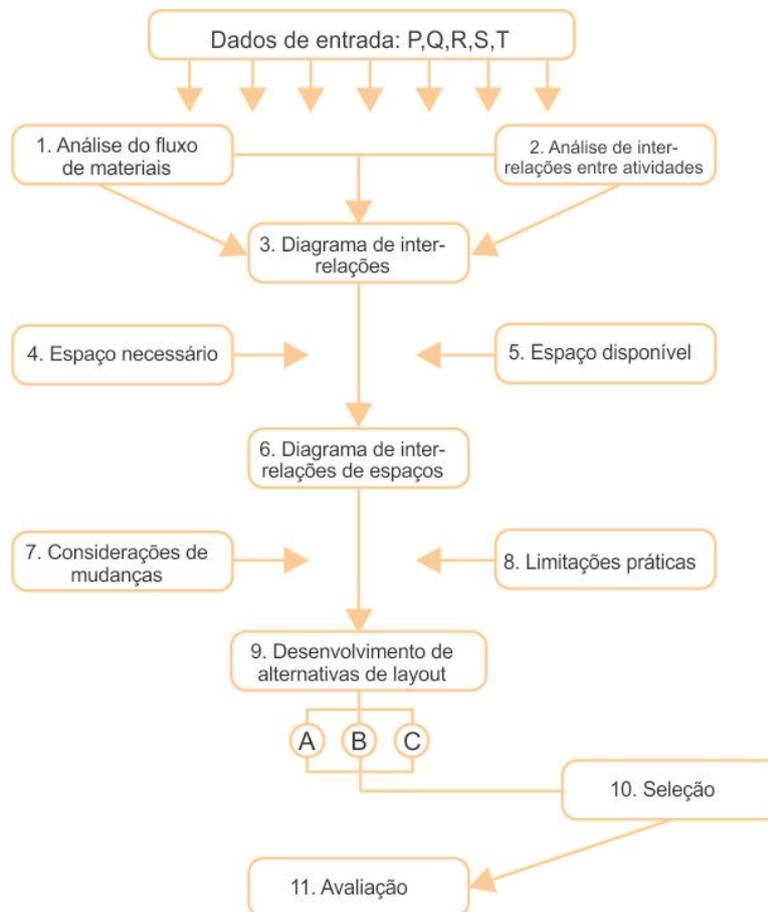


Figura 3.11 – Sistema de procedimento SLP.

Fonte: Adaptado de Brito et al., (2015)

Os dados de entrada podem ser compreendidos pelos produtos (p) (o que é produzido pela empresa, matéria-prima e serviços prestados), quantidade (q) (total do que é produzido, fornecido ou utilizado, pode ser definido em número de peças, volume, peso,) roteiro (r) (processo de fabricação do produto, podendo ser definido por lista de operações, gráficos de fluxos e cartas de processos) , serviços de suporte (s) (recursos, atividades ou funções auxiliares que vão dar condições de funcionamento à empresa., Nesse está incluso reparos de máquinas, sanitários, alimentação, manutenção no geral, escritórios, entre outros) e tempo (t) - diz respeito a quanto se produz ou quando o projeto será colocado em prática. O tempo é muito importante para o ritmo de produção

ou mesmo nos casos urgentes. Todos esses dados são fundamentais para os fatores e condições de planejamento do arranjo físico, ou seja, é necessário coletar informações sobre esses elementos.

O sistema SLP é baseado em três conceitos fundamentais: as inter-relações das atividades, ou seja, o grau de dependência de cada uma; o espaço, analisando a quantidade, forma e tipo dos itens a serem posicionados e o ajuste do arranjo de equipamentos e das áreas.

Muther (1978) afirmou que o primeiro passo para o desenvolvimento desse sistema é a identificação do fluxo de materiais (1), que é a sequência de movimentação de materiais, incluindo perdas, refugos e sobras. Aqui também se analisa o volume de pessoas, matérias e informações transportadas e a frequência de movimentação. A ferramenta mais adequada para a identificação desse fluxo é a carta de processo, mencionada anteriormente.

Para a análise do relacionamento entre as atividades (2), utiliza-se a carta de interligações preferenciais (diagrama de inter-relações de atividades). O intuito dessa etapa é relacionar as atividades aos fluxos de materiais, apontando os que deverão ficar mais próximos ou afastados. Essa carta de interligações, na realidade é uma matriz triangular que representa o grau de proximidade e o tipo de ligação entre as atividades (SANTOS et al., 2018).

O diagrama de inter-relações de atividades, Figura 3.12, é uma ferramenta capaz de integrar e relacionar o fluxo de materiais juntamente com a avaliação das atividades. Os setores são representados por símbolos e unidos por linhas que simulam a importância da relação. Os tipos de relacionamento entre os departamentos são simbolizados por letras que mostram o grau de proximidade necessário de acordo com a escala mostrada no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Escala de proximidade

Letra	Tipo de relacionamento
A	Absolutamente necessário
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Pouco importante
U	Sem importância
X	Indesejável

Fonte: Adaptado de Muther (1978)

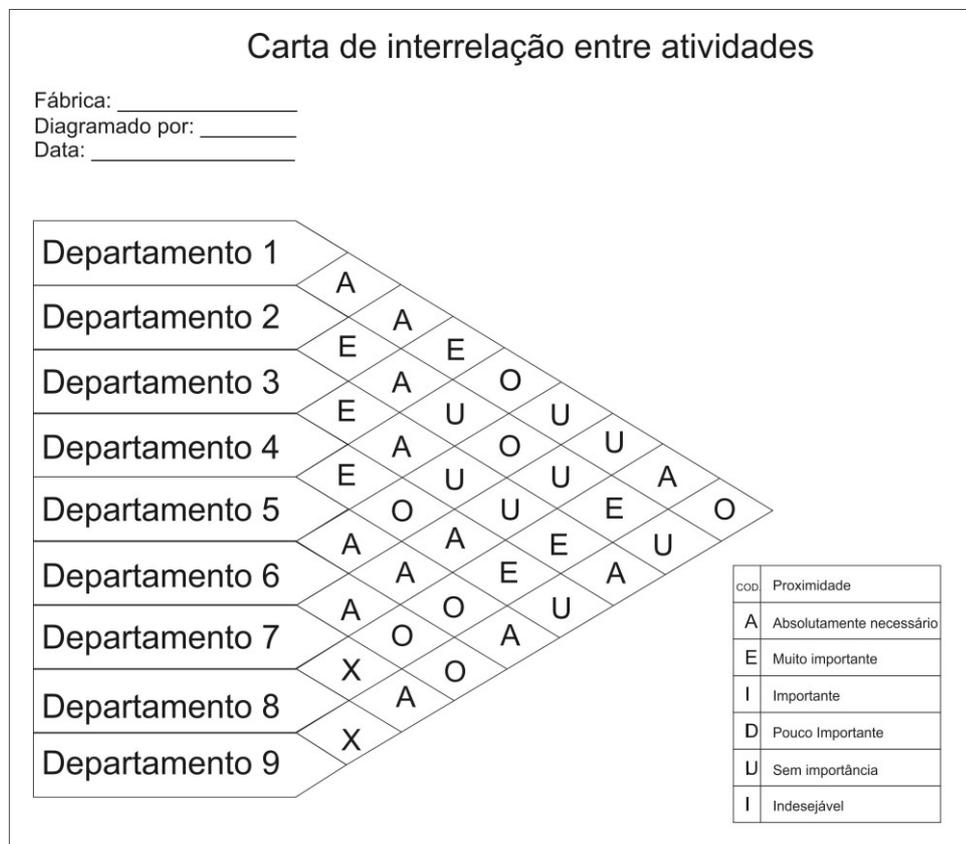


Figura 3.12 – Exemplificação do diagrama de interrelação entre atividades

Fonte: Adaptado de Tompkins et al. (2010)

Tendo como base o diagrama de relacionamento de atividades, constrói-se um outro, o de relacionamento das áreas (Figura 3.13) em que os diferentes estilos de linhas representam os tipos de relacionamento, ou seja, o grau de proximidade apropriado entre os componentes. Esse gráfico tem como objetivo reduzir as distâncias e

cruzamentos entre as atividades nas quais existam uma grande afinidade (VERGARA et al., 2016). Os setores que aparecerem mais vezes com proximidade necessária, devem ser desenhados no centro do diagrama.

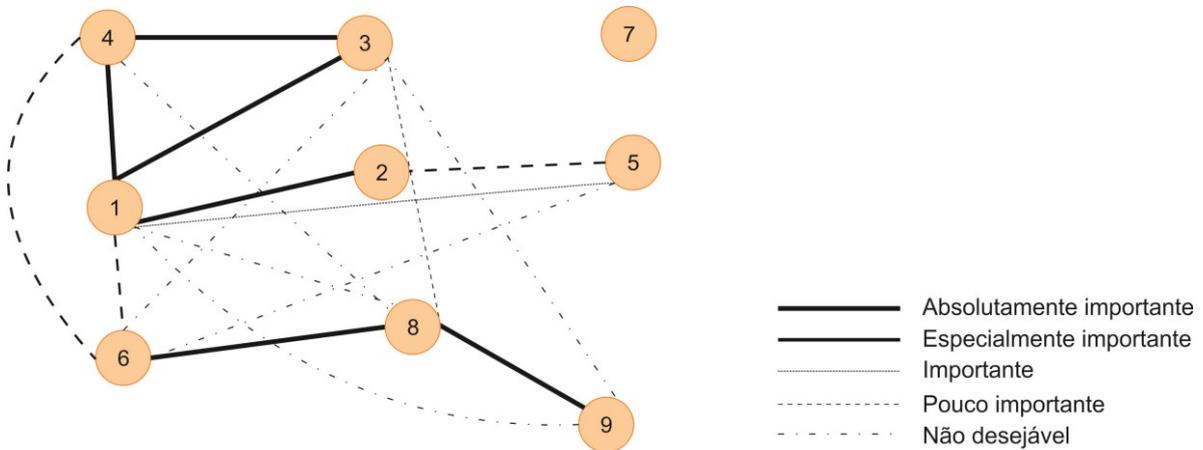


Figura 3.13 – Exemplificação do diagrama de relacionamento das áreas

Fonte: Adaptado de Vergara et al. (2016)

Após o diagrama de relacionamento das áreas é feito o estudo do espaço, verificando a necessidade e o ambiente disponível. Para determinar a área da planta fabril, existem alguns procedimentos como:

- Identificar as atividades;
- Listar as máquinas e equipamentos;
- Determinar os espaços para as operações, baseados nos produtos, quantidade e processos de produção;
- Determinar atividades de suporte que também fazem parte do projeto;
- Unir todos os espaços determinados, obtendo o espaço total necessário e comparar com o espaço disponível ou o idealizado;
- Ajustar e balancear.

Para o cálculo da área de ocupação de máquinas e equipamento será usado o Método de Guerchet que de acordo com Calderón & Pinto (2019) é aplicado para calcular a área total necessária de um elemento, observando o somatório de três fatores:

Superfície estática (Se) – É a superfície que a máquina ou outro elemento projeta no piso. É obtida através de medição direta ou a partir de informações no manual do fabricante.

Superfície de gravitação (S_g) – Área necessária para a circulação do operador. Essa superfície pode ser obtida através da seguinte equação:

$$S_g = S_e \cdot N \quad (\text{eq.3.1})$$

em que N é o número de lados do equipamento utilizado pelo operador, seja para abastecer, operar a máquina ou ainda dar saída aos produtos.

Superfície de circulação (S_c) – Área necessária em torno do posto de trabalho, para circulação dos operários. Pode ser obtida por intermédio da seguinte equação:

$$S_c = K(S_g + S_e) \quad (\text{eq.3.2})$$

em que K é um coeficiente único de circulação de toda planta. Segundo Sanchez Peña (2018) ele varia entre 0,05 e 3,00, sendo obtido a partir da equação abaixo:

$$K = h_1 / 2H \quad (\text{eq.3.3})$$

Em que h₁ é altura média dos operadores e H é a altura do (s) equipamento (s).

Percebe-se que esse coeficiente de circulação é dimensionado de acordo com o tamanho do equipamento (LIRA et al. 2017). Porém, na tentativa de padronizar tal coeficiente, foi criada uma tabela com os valores aproximado, de acordo com as funções dos equipamentos como mostra Novelo & Novillo (2019) no quadro 3.2:

Quadro 3.2 – Valores de K para diferentes tipos de indústrias

Grandes Indústrias / movimentos mecanizados	0.05 – 0.15
Trabalho em cadeia com transporte mecânico	0.10 – 0.25
Fio têxtil	0.05 – 0.25
Tecidos	0.5 - 1
Relojoaria / Joalheria	0.75 - 1
Indústria mecânica de pequeno porte	1.5 - 2
Indústria mecânica grande porte	2 - 3

Fonte: Niveló & Novillo (2019)

Superfície total (St) – Área total necessária para o arranjo físico, é obtido a partir da soma dos 3 fatores verificados anteriormente, como mostra a Equação 3.4:

$$S_t = S_e + S_g + S \quad (\text{eq.3.4})$$

Posteriormente, a definição do espaço necessário para cada departamento é construído o diagrama de relacionamento de espaço (Figura 3.14), considerando a área definida para cada componente.

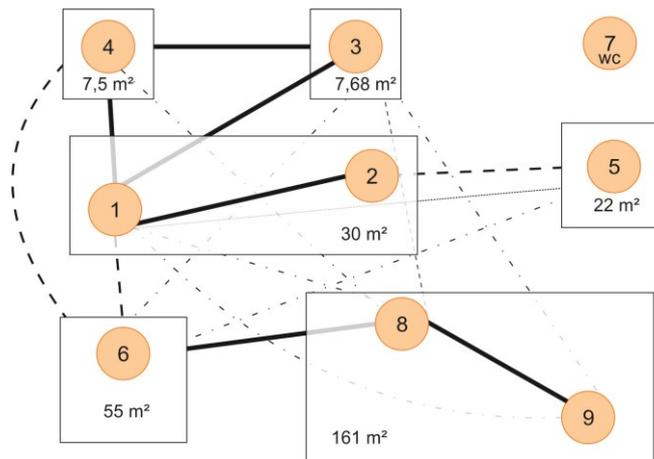


Figura.3.14 – Exemplo de Diagrama de relacionamento de espaço

Fonte: Adaptado de Vergara et al., (2016)

Com todos esses gráficos é possível delinear os estudos de layout com maior precisão, conhecendo o fluxo produtivo, o espaço necessário para cada departamento e também como esses departamentos se relacionam, ajudando a definir quais departamentos devem ficar próximos. Na Figura 3.15, percebe-se um maior delineamento do projeto, uma primeira alternativa a nível macro.

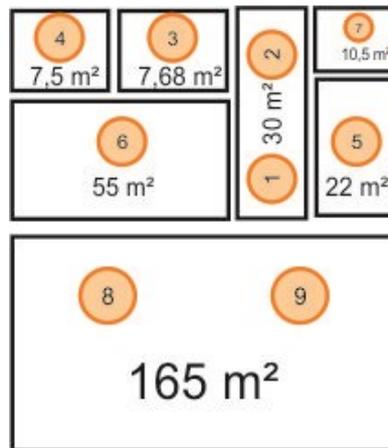


Figura 3.15 – Exemplo de ajuste do arranjo físico

Fonte: Adaptado de Vergara et al. (2016)

Após todo o cálculo do espaço necessário para a planta, a última etapa do método SLP, será criar e selecionar o layout final, geralmente escolhido entre no mínimo dois arranjos diferentes. Para uma escolha eficiente é importante listar e comparar as vantagens e desvantagens de cada proposta. Muther e Wheeler (2008) sugeriram que essa avaliação siga o seguinte escopo:

- 1 – Identificar as alternativas;
- 2 – Estabelecer fatores e objetivos que indique a melhor alternativa.

Os fatores que devem ser levados em conta são custos, integração, versatilidade, mínima distância, flexibilidade, eficiência do fluxo e manuseio de materiais, condições de trabalho, satisfação dos empregados, segurança, entre outros.;

- 3 – Atribuir para cada fator uma nota (peso) e indicar a importância para a eficiência da proposta;
- 4 – Analisar cada alternativa, atribuindo para cada parte, a sua nota correspondente, que poderá ser dada a partir da seguinte classificação: E – Excelente = 4, O – Ótimo = 3, B - Bom = 2, R – Regular = 1 e I – Insuficiente = 0
- 5 – Multiplicar as notas, dadas anteriormente, pelos pesos dos fatores estabelecidos;
- 6 – Totalizar os valores para cada arranjo criado.. O maior valor indicará a melhor alternativa.

3.2.3 Estruturação do ambiente da fábrica

Além da preocupação com o arranjo físico dos equipamentos para o projeto de uma unidade beneficiadora de leite, é necessário também considerar o conforto e a segurança das instalações para a equipe de trabalho. É preciso verificar as condições de ventilação do ambiente, iluminação, minimizar os ruídos deixando-os adequados e possibilitar uma fácil higienização do maquinário, diminuindo a probabilidade de contaminação. É importante verificar também, as normas técnicas que orientam como deve ser o estabelecimento. É fundamental a otimização do espaço, ter áreas para o descarte dos resíduos de maneira correta e longe da unidade, sem comunicação direta com os setores de beneficiamento do alimento, além de controlar a proliferação de insetos, pássaros e roedores na produção. Além disso é necessário o estudo do reaproveitamento dos efluentes descartados pela empresa. De acordo com a Instrução normativa MAPA 05/2017 para implantação de beneficiadora de leite, podemos citar alguns pontos importantes:

Com relação ao local:

O estabelecimento deve ser instalado pelo menos a 500 m de estábulos, pocilgas, aviários, entre outros. Em áreas que permita a livre movimentação de veículos. Para facilitar a produção, Souza et al. afirmaram que a distância do pasto das cabras leiteiras em relação a unidade beneficiadora, não deve exceder 1 km para não resultar em quebra de produção e deve ser localizada em um ambiente livre de poeira e fumaça.

Itens obrigatórios:

Água potável quente e fria e instalação hidráulica com pressão suficiente que permita a limpeza de todos os setores do laticínio, equipamentos e dependências sanitárias;

Sistema de tratamento de dejetos de acordo com a sua natureza;

Possuir instalação elétrica e hidráulica condizente com a atividade;

A estrutura

A construção deve ser sólida e com espaço adequado para a realização de todo o processo, devendo haver o fluxo contínuo de produção. As paredes do estabelecimento devem ser de fácil higienização (sem textura e impermeável). É recomendado que tenham cores claras e utilizem tintas laváveis que permita a aplicação de produtos de limpeza. Não devem possuir quinas, sempre com cantos arredondados para facilitar a higienização.

O pé direito deve ser calculado de acordo com a altura máxima dos equipamentos. Preferencialmente, na área industrial deve ter no mínimo 3 m e de 2,5 m nas câmaras frias, permitindo a instalação e o bom funcionamento dos equipamentos, bem como a manutenção da temperatura em níveis adequados.

As janelas devem possuir telas para impedir a entrada de insetos. Devem ser de material que possibilite e facilite a limpeza.

As portas de acesso à unidade devem ser equipadas com o fechamento automático e também devem ser de material liso possibilitando uma fácil higienização.

O forro deve ter o acabamento de reboco com tinta impermeável e sem quinas, possibilitando uma fácil lavagem, resistência à umidade dos vapores e dificultando o acúmulo de sujeira. As paredes não podem apresentar falhas de revestimento e pintura.

O piso também deve ser de fácil higienização, impermeável. Uma característica importante é que o mesmo deve ser antiderrapante e resistente à corrosão e abrasão. Deve ter uma pequena inclinação (2%) para o escoamento da água e produtos de limpeza para os ralos ou canaletas.

O pátio externo deve ser pavimentado ou revestido com algum material que não permita a formação de poeira.

Ventilação e iluminação

A ventilação do ambiente também é de extrema importância. Ela deve ser natural e abundante em alguns setores, possibilitando a manutenção agradável da temperatura interna trazendo conforto térmico para os trabalhadores e ajudando na conservação da matéria-prima. Setores que precisam de refrigeração, a renovação do ar já ocorre de maneira automática pelo sistema de refrigeração ou pelo ar condicionado.

É necessário um estudo para posicionar as janelas com a finalidade de aproveitar a iluminação natural. Já a iluminação artificial deve ser disposta de acordo com as normas da ABNT, evitando a criação de sombras no ambiente. As lâmpadas devem ser protegidas para que caso venham a quebrar, não liberem resíduos na produção. Desse modo é recomendado o uso de calhas com tampas. É importante que a linha de produção, transporte de insumos ou produtos sejam bastante iluminadas, assim recomenda-se que sejam instaladas lâmpadas acima desses setores.

É fundamental instalações sanitárias adequadas na planta, que devem estar sempre limpas. Os banheiros e os vestiários não devem ter comunicação direta com a linha de produção. É importante ter lavatórios com detergentes e sanitizantes, inclusive com áreas específicas para a limpeza das botas. A água utilizada na limpeza dos equipamentos deve ser reaproveitada. No esgotamento industrial deve usar ralos sifonados com tampas escamoteáveis em toda as instalações.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 A empresa

Todo esse projeto foi desenvolvido para a instalação da fábrica de leite de cabra em pó, localizada na Fazenda São Paulo, no município de Prata – PB. A área destinada a implantação da fábrica será de 300 m², sendo cerca de 200 m² destinada para o chão de fábrica, foco deste estudo. A beneficiadora, deve ser localizada no mínimo a 500 m do pasto o que é recomendado pelas normas técnicas.

Esta etapa do estudo foi desenvolvida através de pesquisas e de programas computacionais. Objetivou-se fazer um estudo de reconhecimento da área para propor um layout de produção da empresa, apontando e consequentemente resolvendo os pontos críticos da futura unidade beneficiadora, analisando a maneira mais eficaz de sua instalação. Para a elaboração da planta baixa e o layout da unidade produtora utilizou-se o *Software AutotCad 2019*.

3. 3.2 Métodos

3.3.2.1 Método para desenvolvimento do layout

A pesquisa e o desenvolvimento do projeto de layout foram realizados em três etapas, como verifica-se na Figura 3.16.

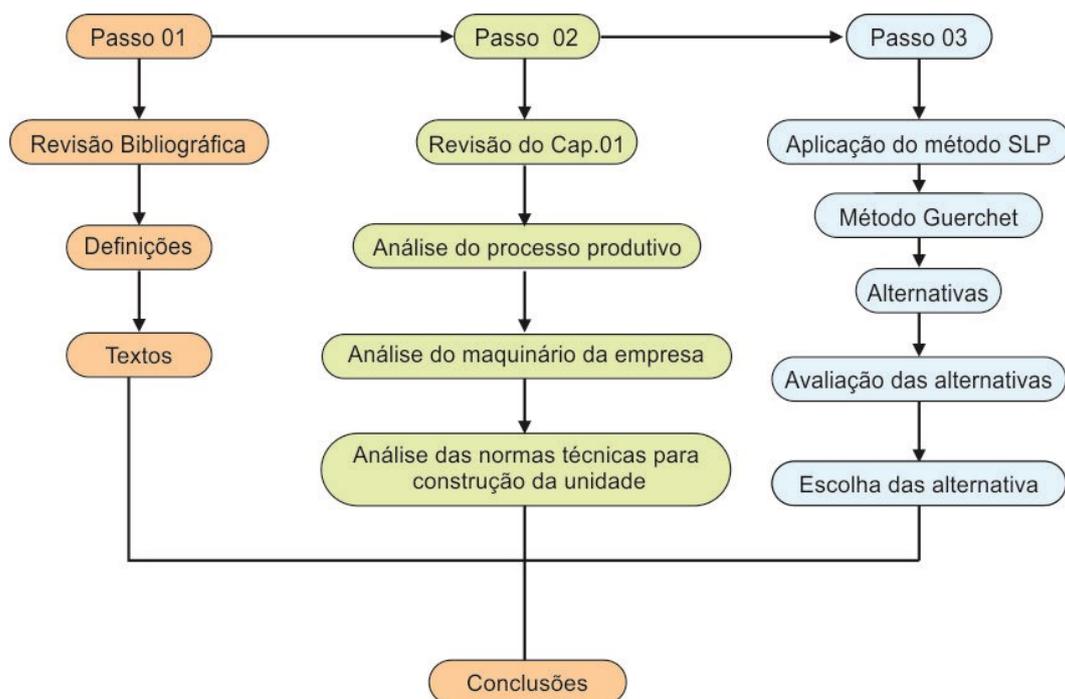


Figura 3.16 – Etapas da pesquisa

Na primeira etapa foi realizada a pesquisa sobre os temas abordados nesse capítulo em materiais já publicados, objetivando definir conceitos relevantes para prosseguir com o estudo. Foram abordados conceitos sobre layout e seus tipos, normas para edificação da fábrica, sistema SLP. Depois, toda a pesquisa foi condensada em textos.

A Etapa 2 é o estudo e análise do Capítulo 01, com o intuito de trazer as informações relevantes já coletadas para utilizar nas próximas fases. Nessa fase foi verificado todo o processo produtivo e os possíveis equipamentos a serem utilizados.

Na terceira etapa foi aplicado o método SLP com base nas pesquisas realizadas nas fases anteriores.

Para definição da área total da planta e o espaço específico para cada departamento, foi utilizado o método Guerchet. A área total necessária para cada equipamento é obtida através do somatório da Superfície estática (Se), da Superfície de gravitação (Sg) e a Superfície de Circulação (Sc).

Depois de cumprida todas as etapas do método SLP, foram criadas alternativas de layout para a planta produtiva. Dentre elas, foi escolhida a que mais oferece vantagens para a empresa. Tal escolha foi realizada através da identificação das vantagens e desvantagens de cada proposta, de acordo com Muther e Wheeler (2008) os quais sugeriram um escopo para esse tipo de análise.

Nessa fase foram utilizados os *softwares Corel Draw*, para a criação dos diagramas utilizados no método AutoCad, para a criação das alternativas das plantas produtivas.

Ao final dessas três etapas, a proposta final de layout foi obtida apontando as considerações finais por meio dos resultados obtidos.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a estrutura física da fábrica, será seguido as normas mencionadas anteriormente nesse capítulo. Com relação ao tipo de layout, identificou-se que é do tipo linear ou por produto, ou seja, o maquinário é disposto de acordo com o processo produtivo e cada máquina executa sempre a mesma função.

3.4.1 – Planejamento do layout - Aplicação do método SLP

De acordo com a metodologia, primeiramente precisa-se determinar os dados de entrada como: produto, quantidade, roteiro, serviços e suporte e tempo. De posse desses dados, desenvolve-se a proposta de arranjo físico de acordo com o método SLP.

3.4.1.1 – Dados de entrada coletados

Produto (P)

O único produto resultante do beneficiamento nessa empresa é o leite em pó.

Quantidade (Q)

700 kg / dia leite em pó

Roteiro (R)

Com base no processo de produção descrito no Capítulo 01, foi elaborada uma carta de processo, identificando a sequência das atividades na produção. Essa carta pode ser verificada na Figura 3.17. O fluxograma não foi completamente preenchido, pois algumas informações como tempo, distanciamento e responsável só serão preenchidas com a realização da atividade, do contrário, será uma estimativa.

Assim que o leite chega na indústria, apenas uma pequena amostra é retirada para análise e o resto do leite fica aguardando esse resultado, por isso, verificou-se que existe o item 1.1 no nosso fluxograma.

Gráfico de Fluxo de Processo					
Processo: Leite em pó				Data:	
Setor/Departamento:				Responsável:	
Passo	Distância (m)	Tempo (s)	Operação Transporte Inspeção Espera Estoque	Descrição	
1			● → □ ▢ ▽	Retirar amostras de leite do caminhão de transporte	
1.1			○ → □ ▢ ▽	Aguardar resultado das análises	
2			○ → □ ▢ ▽	Transportar amostra para análise	
3			○ → □ ▢ ▽	Analisar as amostra	
4			● → □ ▢ ▽	Descarregar o leite na fábrica, através de tubulações	
5			● → □ ▢ ▽	Pesagem e filtragem	
6			○ → □ ▢ ▽	Transporte por tubulação	
7			● → □ ▢ ▽	Clareificação e padronização	
8			○ → □ ▢ ▽	Transporte por tubulação	
9			● → □ ▢ ▽	Homogeinização do leite	
10			○ → □ ▢ ▽	Transporte por tubulação	
11			● → □ ▢ ▽	Pasteurização	
12			○ → □ ▢ ▽	Transporte por tubulação para tanques refrigerados	
13			○ → □ ▢ ▽	Refrigeração do leite, enquanto aguarda a próxima etapa	
14			○ → □ ▢ ▽	Transporte por tubulação	
15			● → □ ▢ ▽	Secagem em Spray dryer	
16			○ → □ ▢ ▽	Transporte de amostra para análise	
17			○ → □ ▢ ▽	Análises do leite em pó	
18			○ → □ ▢ ▽	Transporte do pó para ser peneirado	
19			● → □ ▢ ▽	Peneiramento	
20			○ → □ ▢ ▽	Transporte para o setor de embalagem	
21			● → □ ▢ ▽	Embalagem	
22			○ → □ ▢ ▽	Transporte para o estoque	
23			○ → □ ▢ ▽	Armazenamento	

Figura 3.17 – Carta de Processo de produção do leite em pó

Fonte: Própria autora

Serviços e suporte (S)

A empresa possuirá um setor administrativo, financeiro e vendas localizados no escritório em ambiente separado da produção.

Tempo (T)

Por se tratar de um produto alimentício em pó que segue vários processos até chegar em sua fase final, é difícil contabilizar o tempo de produção do produto.

Determinado todos os dados importantes para o sistema SLP, segue a metodologia com a utilização das ferramentas do método. Iniciou-se com o Diagrama de inter-relação de atividades.

Antes, para facilitar o entendimento, foram listados os departamentos em que a produção do leite em pó foi dividida:

Departamento 00: Administração da empresa. As salas com os escritórios da empresa, por questão de higiene, ficarão separadas da produção. Por esse motivo, não entrará nos diagramas que seguem.

Departamento 01 - Análises laboratoriais: Nesse departamento serão realizadas todas as análises do leite (físico-químicas e microbiológicas), tanto no início do processo como no fim da produção.

Departamento 02 - Recebimento do produto in natura: Nesse setor estarão o maquinário responsável por receber, filtrar e pesar o leite. Neste setor também estarão as bombas, responsáveis por levar o alimento até os outros setores.

Departamento 03 - Processos de preparação: Nesse departamento estão todos os equipamentos responsáveis por preparar o produto antes da secagem. São eles: padronizadora, homogeneizadora e pasteurizador.

Departamento 04 - Tanques de refrigeração responsáveis por refrigerar o produto, aumentando sua vida e armazená-lo enquanto aguarda as outras etapas do processo.

Departamento 05 – Evaporação: Nesse departamento ocorre a concentração do leite.

Departamento 06 - Secagem: Nesse setor ocorre o processo de secagem do alimento.

Departamento 07 - Peneiramento: Equipamento que irá peneirar o pó a fim de separar e classificar de acordo com o tamanho das partículas.

Departamento 08 - Embalagem: Máquina para embalar o alimento

Departamento 09 - Banheiros e lavatórios: Lavatórios com máquinas especiais para lavar botas, além de pias convencionais para higienização das mãos e vestiário para colocação do fardamento. O banheiro, embora esteja no mesmo departamento, deve ficar separado por portas do vestiário e do lavatório.

Departamento 10 - Estoque do produto acabado e embalado.

Departamento 11 – Sistema de limpeza CIP

Com os departamentos identificados, iniciou-se a criação do diagrama de inter-relação de atividades com o intuito de verificar a proximidade ideal entre os departamentos. Cada setor foi relacionado com o grau de proximidade que eles necessitam ter. Na Figura 3.18 verifica-se esse diagrama.

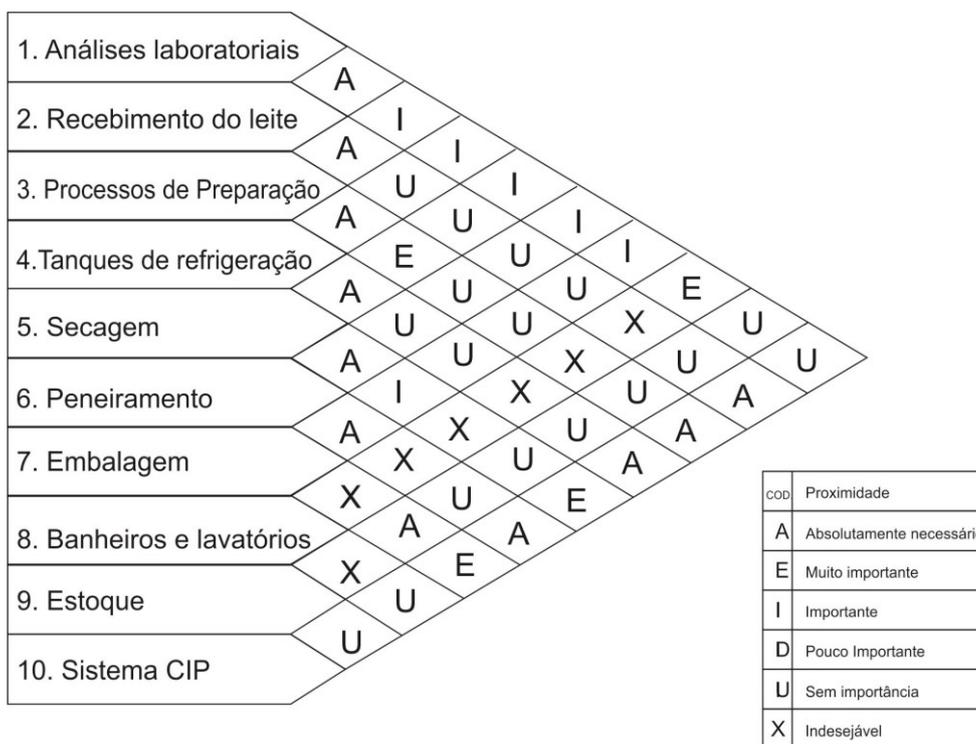


Figura 3.18 – Diagrama de Interrelação de atividades

Fonte: própria autora

Constata-se que alguns setores devem ficar próximos, pois suas atividades se complementam, outros porém, devem manter distância de alguns setores e outros são irrelevantes, podendo ficar juntos ou não. É de suma importância esse diagrama para definição do layout. Observa-se pelo gráfico que os banheiros têm o maior número de ligações indesejáveis (X).

O próximo passo no método SLP consiste no desenvolvimento do diagrama de relacionamento de áreas que é uma visualização gráfica da análise feita anteriormente.

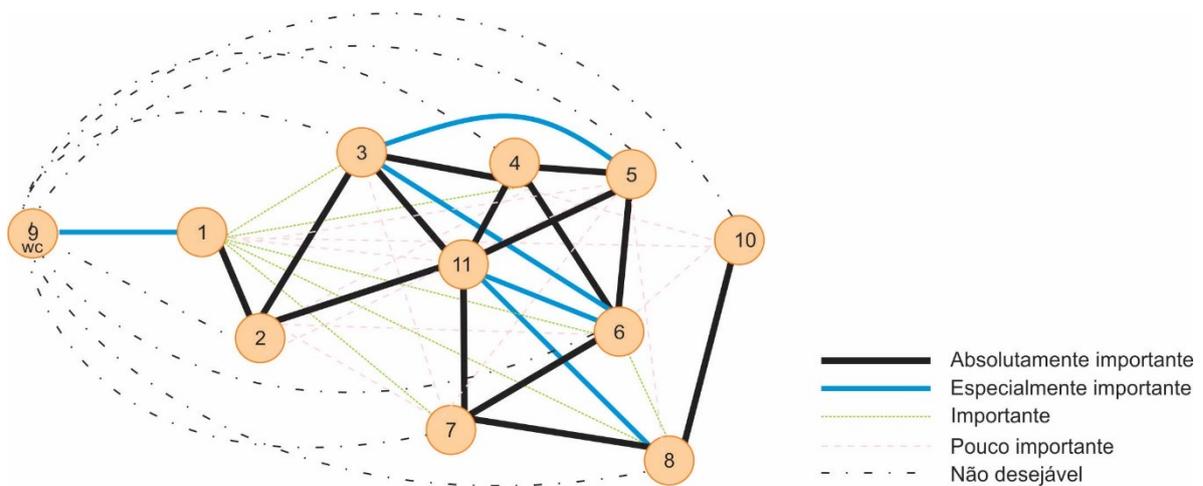


Figura 3.19 – Diagrama de relacionamento de áreas

Fonte: autor

Pode-se verificar nesse diagrama como os departamentos vão se relacionar. Percebe-se que aqueles ligados com as linhas pretas e azuis, devem ficar juntos, já aqueles ligados com a linha traço ponto precisam ficar o mais afastado possível. É notório que o departamento 9, os banheiros e vestiários, devem ficar isolado do restante da produção por questão de higiene. Esse setor pode ficar relativamente próximo, mas de qualquer forma isolado do departamento 01, pois é o departamento de análises, evitando que colaboradores desse setor precisem andar pela planta quando necessitarem ir ao banheiro, podendo tumultuar o processo produtivo. O departamento 01 é o que possui maior número de ligações importantes. Isso ocorre porque durante toda a produção, o produto pode e deve ser submetido a análises para averiguação da qualidade, contudo, por serem necessárias amostras pequenas, não existe a necessidade desse departamento ficar próximo aos demais. Quando houver a necessidade de análise, um funcionário poderá levar a amostra até o laboratório. É interessante que o referido departamento fique próximo ao departamento 02, de recebimento do leite, já que obrigatoriamente existe a análise inicial do produto e que deve ocorrer com rapidez. Outro setor que possui grande número de ligações é o departamento 03 (processos de preparação). Tal setor deve ficar próximo ao setor 02, já que é subsequente ao mesmo e ao 04 por anteceder o processo lá desempenhado. A proximidade com o setor 05 ocorre, pois em alguns casos o departamento (tanque de refrigeração) pode ser suprimido, passando da pasteurização para a evaporação

(departamento 05). O departamento 11 (sistema CIP) também possui ligações fortes praticamente com todos os departamentos. Por se tratar de um sistema de limpeza, praticamente todos os departamentos (02, 03, 04, 05, 06 e 07) precisam estar próximos a ele.

Os espaços para a realização de cada atividade ainda não são considerados nesse diagrama. Antes do diagrama apresentado na Figura 3.19, foram esboçados outros, até chegar ao que se parece o diagrama final, em que os posicionamentos dos departamentos estão mais convenientes, sem tantos cruzamentos de linhas importantes (pretas e azuis).

Determinação dos espaços e características físicas

Após o relacionamento de áreas, inicia a utilização do método Guerchet para determinar a área ocupada por cada departamento. No Capítulo 01, observou-se a lista de todo o maquinário necessário para a implantação da fábrica. Buscou-se informações sobre as dimensões dos equipamentos, os quais fundamentais para a determinação do espaço que cada departamento ocupará. Para facilitar o entendimento, temos um quadro resumo dos possíveis equipamentos e suas dimensões.

Quadro 3.3 – Resumo dos possíveis equipamentos da fábrica e suas principais características

Equipamentos	Função e marca	Capacidade produtiva ou volume	Dimensões (cxlxa) m
	Tanque de recebimento de leite Gorun	5000l	4 x 1,95 x 2,10
	Clarificadora e padronizadora Separatori	20500 l/h	1,30 x 0,95 x 1,48
	Homogeneizadora Tecnolab	600 l/h	0,70 x 1 x 1,20
	Pasteurizador rápido a placas Inoxteck	300l/h	1,2 x 1 x 1,5
	Tanque refrigerador e armazenador Sulinox	4000 l/h	3,18 x 1,9 x 2,03

	Evaporador a vácuo Global	500 kg/h	4,5 x 1 x 3,2
	Spray Dryer SHRUI	8 l/4	2 x 1,10 x 2,15
	Peneira elétrica SYT	500 kg / h	1,16 x 1,16 x 0,81
	Embaladora Tegtagl	60 / min.	0,80 x 0,80 x 0,20
	Sistema CIP	100 a 1000l	11 x 0,65 x 1,55

Fonte: Própria autora

O **departamento 01**, análises laboratoriais, ficará em uma sala específica para o desenvolvimento dessa atividade. Para isso, é necessário 15 m², suficiente para todos os equipamentos e análises.

O **departamento 02**, plataforma de recebimento de leite, terá apenas 1 equipamento grande: o tanque de recebimento. Filtros, bombas e tubulações, por serem menores, não serão computados.

Medida do tanque de recebimento de leite: 4 x 1,95 x 2,1 m (c x l x a). De acordo com o método Guerchet temos:

Superfície estática: $S_e = 4 \times 1,95 = 7,8 \text{ m}^2$

Superfície de gravitação: $S_g = S_e \cdot N$, onde $N = 2$

$S_g = S_e \cdot N$, $S_g = 7,8 \times 2 = 15,6 \text{ m}^2$

Superfície de circulação, $S_c = K (S_g + S_e)$. Por não encontrar na tabela um valor de k apropriado, preferiu calcular individualmente o k de cada equipamento.

$$K = h / 2H$$

De acordo com o IBGE (2014) a altura média do homem brasileiro é de 1,74 m e a mulher tem em média 1,61. Como não sabemos se o operador será do sexo masculino ou feminino, fizemos uma média das alturas, finalizando com 1,68m.

Desse modo o parâmetro k para esse equipamento seria $K = 1,68 / 2 \times 2,10 = 0,4$

Logo temos:

$$S_c = 0,4 (7,8 + 15,6) = 9,36 \text{ m}^2$$

A área da superfície total é dada pela seguinte equação:

$$S_t = S_e + S_g + S_c$$

Logo, **$S_t = 32,76 \text{ m}^2$**

Seguindo as mesmas etapas de cálculo mostradas no departamento 02, para os outros departamentos, temos:

No **departamento 03** (Processos de preparação do leite) temos 3 equipamentos grandes que devem ser considerados para o cálculo do espaço. Contudo, fez-se o cálculo de cada equipamento separado e depois somaram-se as 3 superfícies totais.

Medida da padronizadora de leite: $1,3 \times 0,95 \times 1,48 \text{ m}$ (c x l x a).

Superfície estática $S_e = 1,3 \times 0,95 = 1,23 \text{ m}^2$

$S_g = 1,23 \times 1 = 1,23 \text{ m}^2$

$S_c = 0,56 (1,23 + 1,23) = 1,38 \text{ m}^2$

Logo, $S_t = 3,84 \text{ m}^2$

Medida da homogeneizadora de leite: 0,8 x 1,5 x 1,3 m (c x l x a).

$$\text{Superfície estática: } S_e = 0,7 \times 1 = 0,7 \text{ m}^2$$

$$S_g = 0,7 \times 1 = 0,7 \text{ m}^2$$

$$S_c = 0,84 (0,7 + 0,7) = 1,17 \text{ m}^2$$

$$\text{Logo, } S_t = 3,17 \text{ m}^2$$

Medida do pasteurizador de leite: 1,2 x 1,0 x 1,5 m (c x l x a).

$$\text{Superfície estática: } S_e = 1,2 \times 1 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$S_g = 1,2 \times 1 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$S_c = 0,56 (1,2 + 1,2) = 1,34 \text{ m}^2$$

$$\text{Logo, } S_t = 3,74 \text{ m}^2$$

A área total necessária para a instalação do departamento 03 é o somatório das 3 superfícies totais dos equipamentos pertencentes a esse departamento. Dessa forma tem-se:

$$\mathbf{3,85 + 3,17 + 3,74 = 10,76 \text{ m}^2}$$

Departamento 04 – Refrigeração

Medida do tanque de refrigeração: 3,19 x 1,9 x 2,03 m (c x l x a).

$$\text{Superfície estática: } S_e = 3,19 \times 1,9 = 6,06 \text{ m}^2$$

$$S_g = 6,06 \times 1 = 6,06 \text{ m}^2$$

$$S_c = 0,41 (6,06 + 6,06) = 4,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Logo, } \mathbf{S_t = 17,08 \text{ m}^2}$$

Departamento 05 – Evaporação / concentração

Medida do evaporador: 4,5 x 1 x 3,2 m (c x l x a).

$$\text{Superfície estática: } S_e = 4,5 \times 1 = 4,5 \text{ m}^2$$

$$S_g = 4,5 \times 2 = 9 \text{ m}^2$$

$$S_c = 0,26 (4,5 + 9) = 3,51 \text{ m}^2$$

$$\text{Logo, } \mathbf{St = 17 \text{ m}^2}$$

Departamento 06 – Secagem

Medida do *spray dryer*: 2 x 1,1 x 2,15 m (c x l x a).

$$\text{Superfície estática: } S_e = 2 \times 1,1 = 2,2 \text{ m}^2$$

$$S_g = 2,2 \times 2 = 4,4 \text{ m}^2$$

$$S_c = 0,42 (4,4 + 2,2) = 2,77 \text{ m}^2, \text{ Logo, } \mathbf{St = 9,3 \text{ m}^2}$$

Departamento 07 – Peneiramento

Medida da peneira elétrica: 1,16 x 1,16 x 0,81 m (c x l x a).

Por se tratar de uma base circular, de acordo com o método Guerchet tem-se:

$$\text{Superfície estática } S_e = 0,58^2 \times 3,14 = 1,05 \text{ m}^2$$

$$S_g = 1,05 \times 1 = 1,05 \text{ m}^2$$

$$S_c = 1,03 (1,05 + 1,05) = 2,16 \text{ m}^2$$

$$\text{Logo, } \mathbf{St = 4,26 \text{ m}^2}$$

Departamento 08 – Embalagem

Medida da embaladora: 0,8 x 0,8 x 2 m (c x l x a).

$$\text{Superfície estática: } S_e = 0,8 \times 0,8 = 0,64 \text{ m}^2$$

$$S_g = 0,64 \times 1 = 1,28 \text{ m}^2$$

$$\text{Continuando temos: } S_c = 0,42 (0,64 + 1,28) = 0,80 \text{ m}^2$$

$$\text{Logo, } \mathbf{St = 2,72 \text{ m}^2}$$

Departamento 09 – Banheiros e vestiários e higienizador de botas

De acordo com a norma regulamentadora condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho - NR 24, determina-se que as áreas destinadas aos sanitários deverão atender as dimensões mínimas essenciais para assegurar o mínimo de conforto. É considerada satisfatória a metragem de 1m² para cada sanitário por 20 operários em atividade. Já para os vestiários a metragem satisfatória é de 1,5 m² para cada operário. Como a fábrica é pequena, calcula-se que no máximo terão 10 funcionários na planta produtiva e laboratório, dessa forma, a área para banheiro e vestiário será de 20 m². Os vestiários e banheiros tem que ser separados por sexo. Dessa forma, estima-se que 10m² será suficiente para fazer uma bateria com 2 sanitários, 2 chuveiros, armários para os funcionários guardarem os pertences e o higienizador de botas. Essa configuração será tanto para o feminino como para o masculino.

Departamento 10 – Estoque

O produto depois de embalado ocupa pouco espaço e por isso não há necessidade de uma área muito grande para estoque. Considerando que 50 embalagens de 200g são acondicionadas em caixas de papelão com as medidas de 40 cm x 30 cm x 20 cm e pode-se colocar 5 caixas em cima uma da outra, precisa-se de 15 m² para acondicionar pelo menos 100 caixas com o produto, sendo suficiente por se tratar de uma produção pequena.

Departamento 11

Medida do CIP móvel: 1 x 0,65 x 1,55 m (comprimento x largura x altura).

Superfície estática: $S_e = 1 \times 0,65 = 0,65 \text{ m}^2$

$S_g = 0,65 \times 3 = 1,95 \text{ m}^2$

$S_c = 0,54 (0,65 + 1,95) = 1,40 \text{ m}^2$,

Logo, **$S_t = 4 \text{ m}^2$**

Depois de realizado os cálculos do espaço necessário para cada maquinário e departamentos, foi traçado o diagrama de relacionamento de espaço (Fig. 3.20), que considerou a área aproximada para cada departamento.

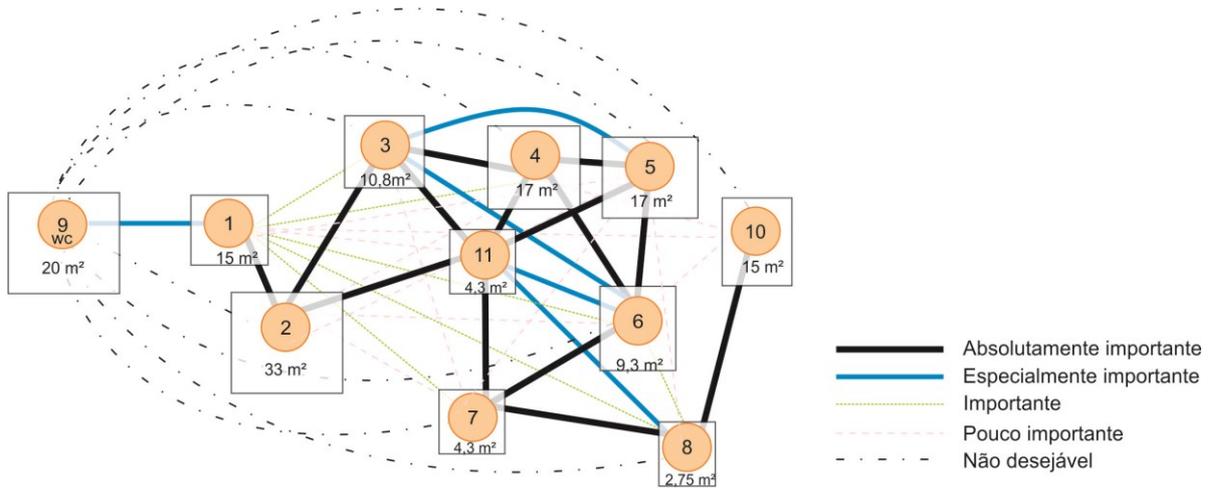


Figura 3.20 – Diagrama de relacionamento de espaço

Fonte: autor

Depois de criar todos os gráficos apresentados anteriormente, foi possível delinear o projeto de layout de maneira mais precisa, verificando o espaço de cada departamento bem como a relação entre eles. Nessa etapa já se tem conhecimento de quais departamento devem ficar próximos, podendo verificar na Figura 3.21 um primeiro estudo do layout macro da fábrica. É possível verificar as dimensões dos departamentos e o melhor posicionamento dos mesmos.

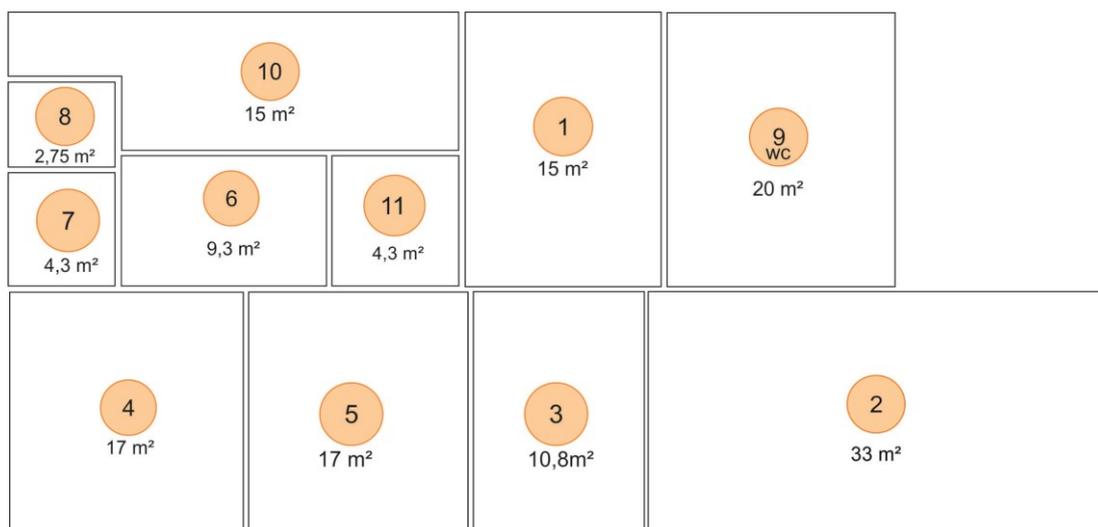


Figura 3.21 – Ajuste do arranjo físico

Fonte: Própria autora

Com base em todos os gráficos gerados e o arranjo macro de layout verificado na Figura 3.21, foram criadas várias possibilidades de melhor acomodação dos departamentos e equipamentos, ou seja, o estudo do layout micro. Posteriormente, essas possibilidades foram analisadas e condensadas em três alternativas observadas a seguir.

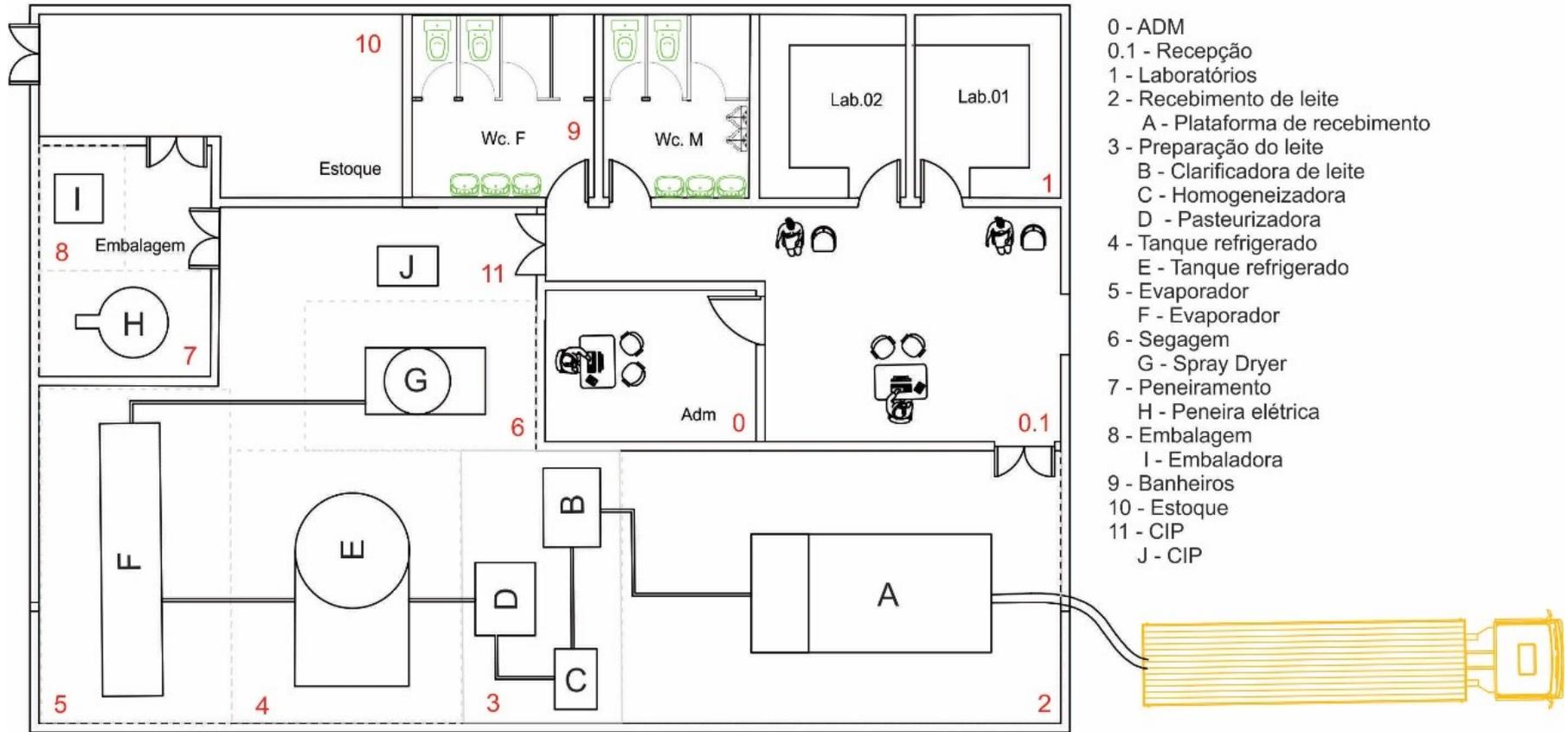


Figura 3.22 – Alternativa de layout 01

Fonte: Própria auto

Observa-se na Figura 3.22 a primeira alternativa de layout para a indústria do leite em pó. A entrada principal fica localizada juntamente com a recepção (0.1), que dará acesso aos laboratórios (1), banheiros e vestiários (9), administração (0) e duas portas para a produção. Uma das portas dará acesso a primeira etapa da produção, que é a recepção do leite (2) e a outra porta dará acesso ao setor de secagem (6) e sistema CIP (11). Na Figura 3.23, verifica-se o fluxo produtivo, identificado pelas setas vermelhas. As setas cinzas, mostram as ligações do departamento 11. As linhas tracejadas em cinza, representam as áreas totais que cada departamento deve ocupar. Essa área foi determinada pelo método Gerchet.

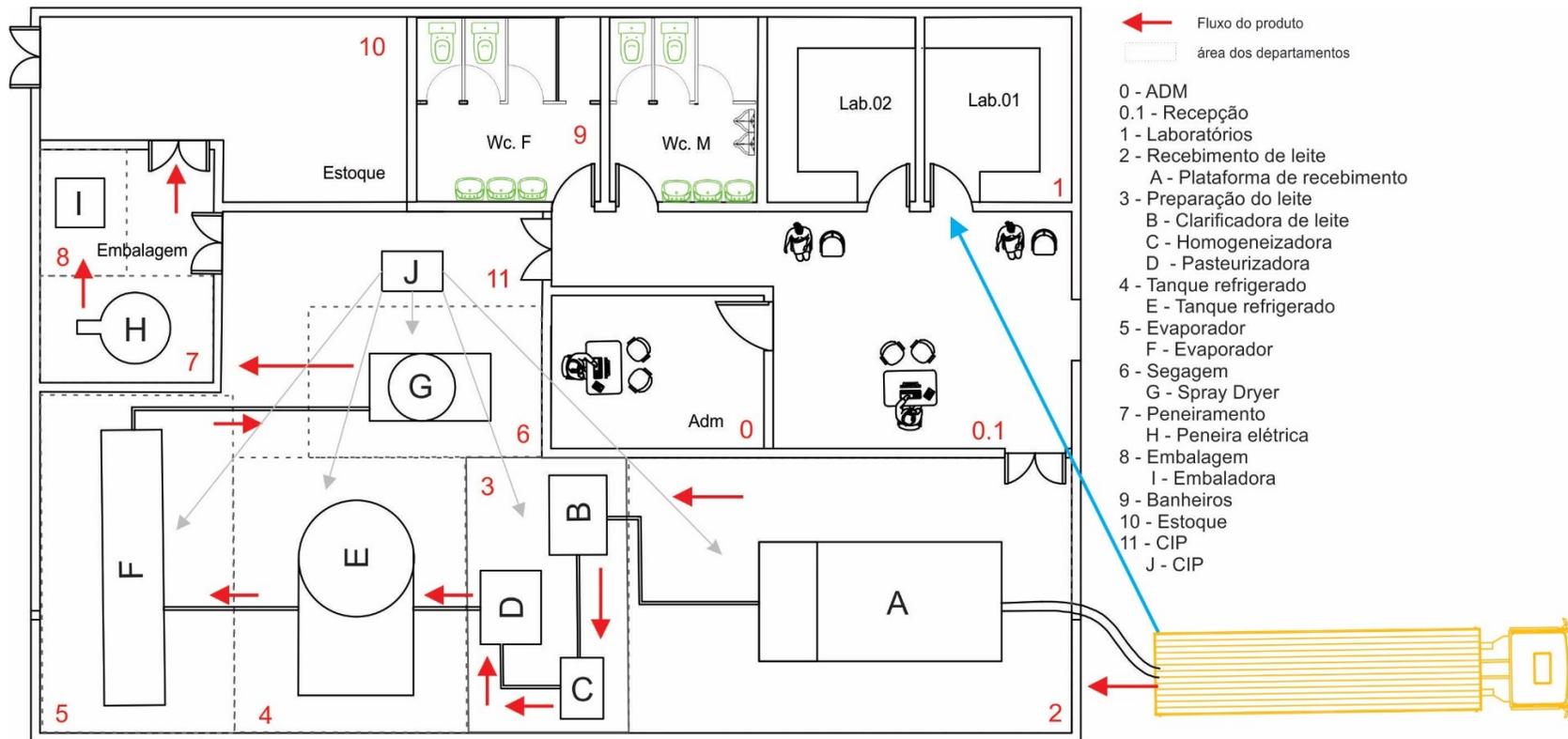


Figura 3.23 – Alternativa de layout 01 e a identificação do fluxo produtivo - Fonte: Própria autora

Na opção 02 (Figura 3.24), verifica-se que a primeira parte, ou seja a entrada da fábrica, recepção, banheiros, laboratórios, se assemelha bastante a alternativa 1, porém o posicionamento dos equipamentos do departamento 03 está mais linear, a disposição dos equipamentos estão em linha reta. Há também a inversão de posicionamento dos departamentos 04 e 05. O estoque também mudou de local com o departamento 07.

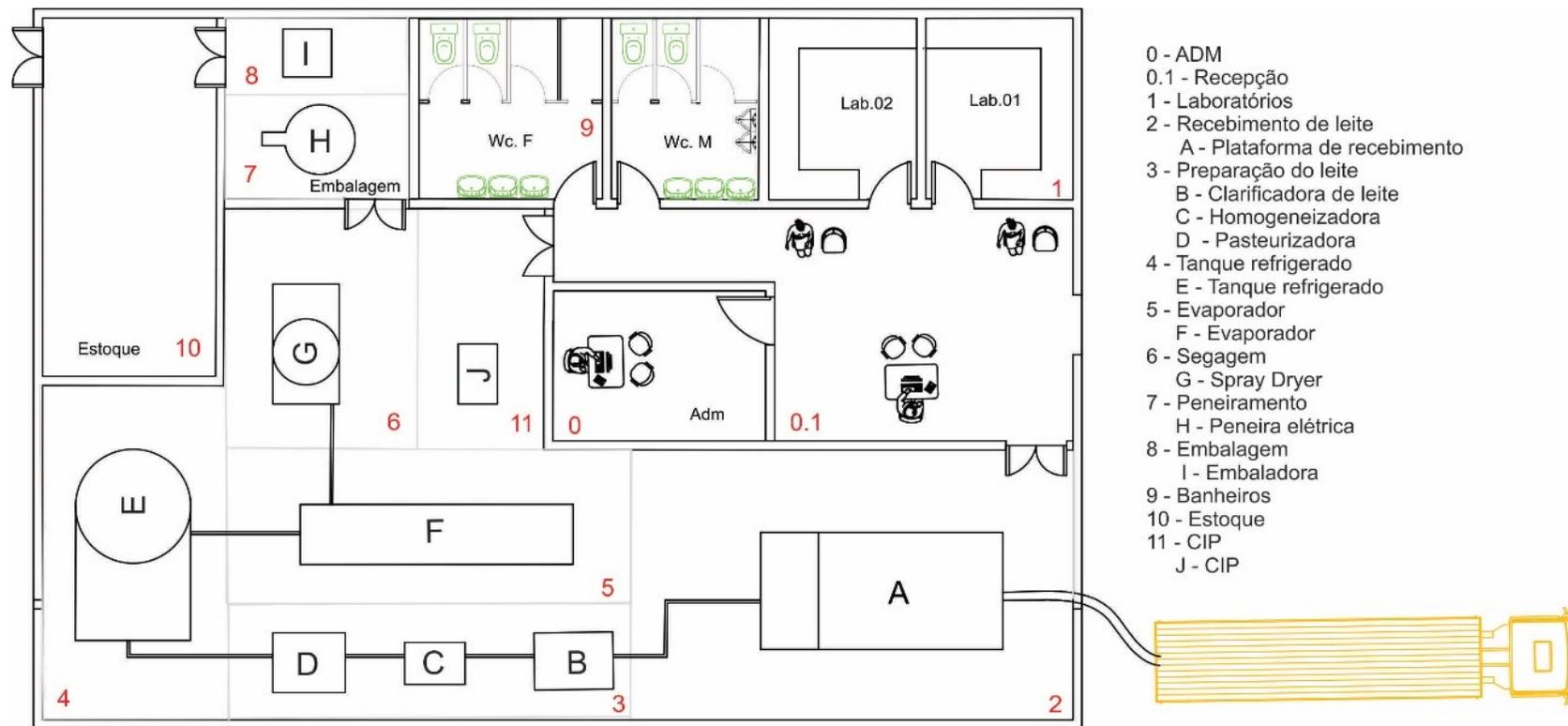


Figura 3.24 – Alternativa de layout 02 - Fonte: Própria autora

Percebe-se que nessa segunda alternativa o fluxo é mais linear, se tornando interessante. A seguir, observa-se na Figura 3.25 as setas do fluxo produtivo. Nota-se que já é um layout mais linear, os fluxos não se cruzam, facilitando bastante a produção.

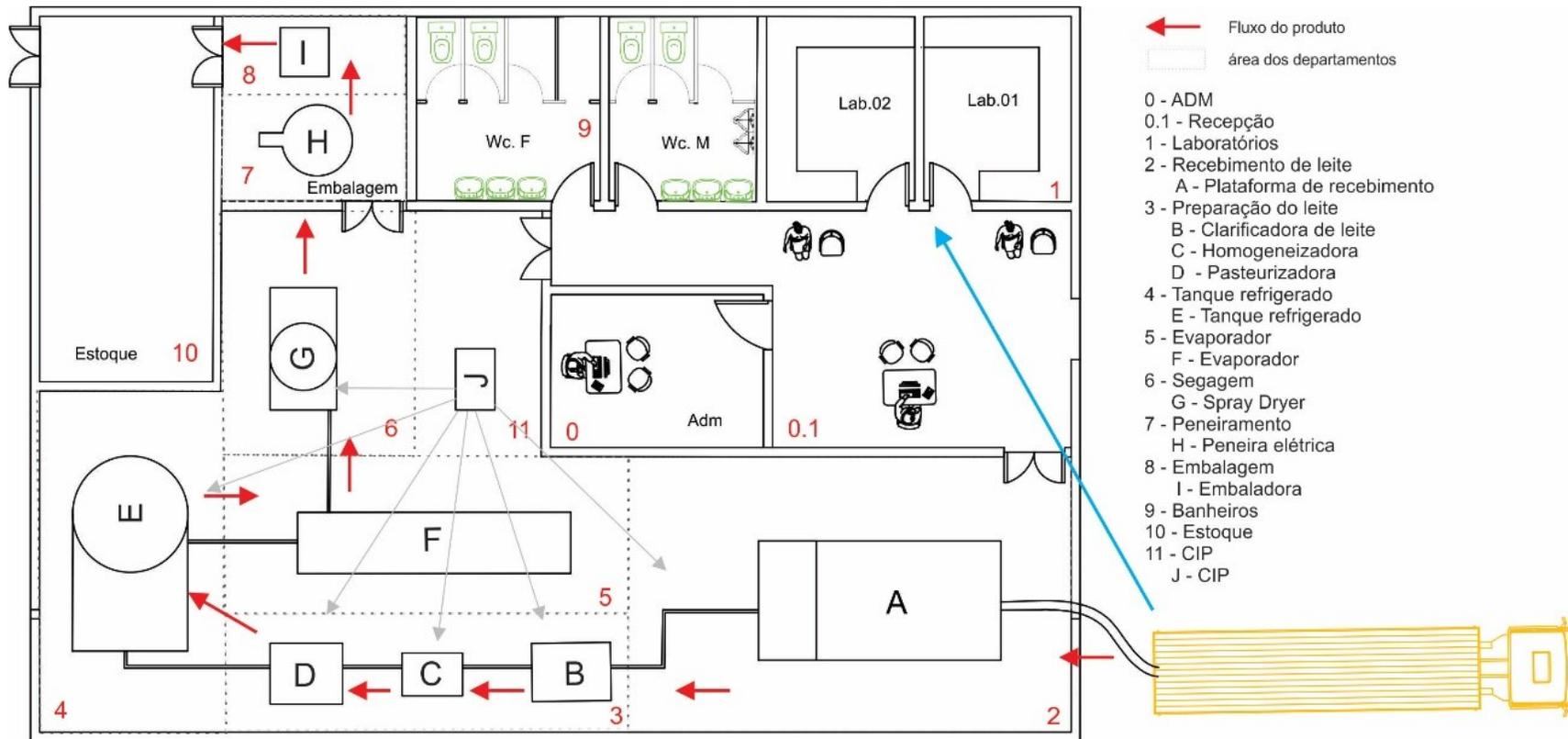


Figura 3.25 – Alternativa de layout 02 e a identificação do fluxo produtivo - Fonte: Própria autora

A alternativa 3, une os pontos positivos encontrados na alternativa 2, que deixou os departamentos com fluxos mais lineares. Nessa alternativa, os laboratórios foram trazidos para o centro da planta, beneficiando o fluxo, já que tanto no início da produção como no final, depois da secagem, as amostras são analisadas. Os dois laboratórios foram interligados, e acrescentou-se uma porta mais próxima ao setor 06.

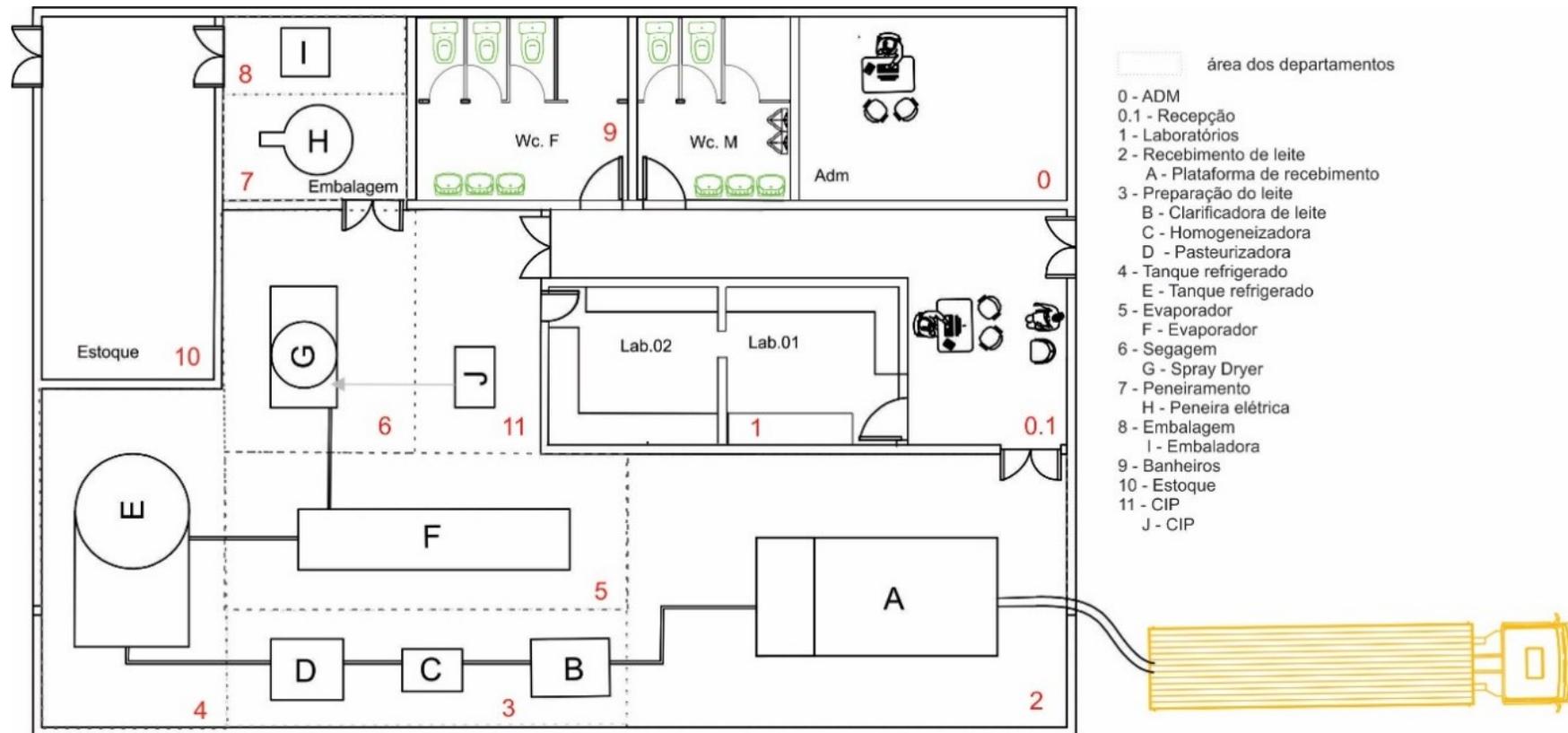


Figura 3.26 – Alternativa de layout 03

Fonte: Própria autor

Na Figura 3.27 verifica-se as setas do fluxo produtivo. O fluxo também se mostrou linear, sem cruzamento. O laboratório no centro facilita as análises no meio da produção. Por esse motivo, interligou os dois laboratórios e abriu uma porta para a produção.

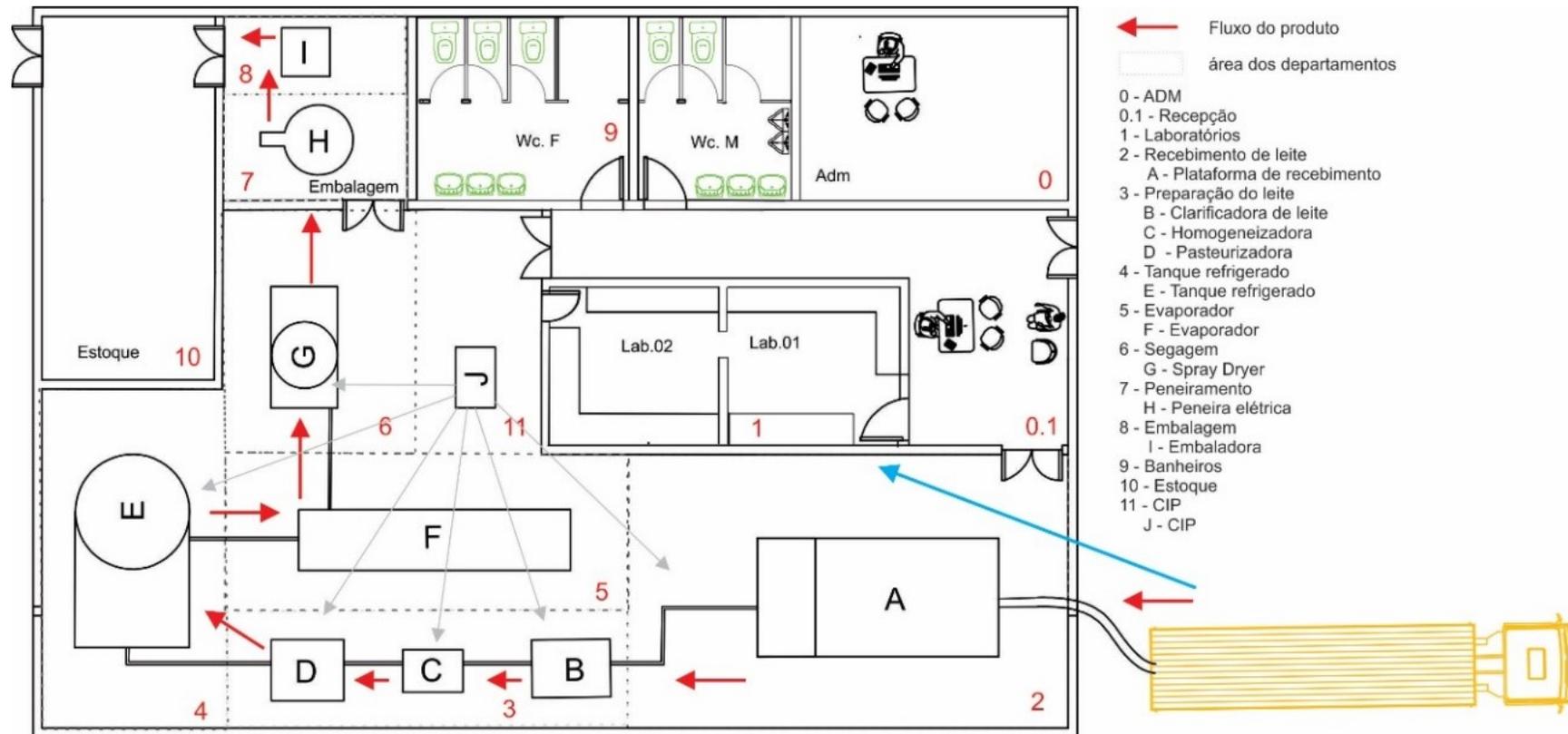


Figura 3.27 – Alternativa de layout 03 e a identificação do fluxo produtivo

Fonte: própria autora

Para a escolher a melhor alternativa do layout da fábrica, foram determinados alguns parâmetros e estabelecida pontuações. O primeiro parâmetro foi integração, ou seja, como os departamentos se integram uns com os outros. O de mínima distância, indica o layout mais fluido, aquele em que o produto percorre o menor caminho. A flexibilidade indica aquele layout que possui flexibilidades para mudanças futuras e ampliações no layout. E por fim, a eficiência de fluxo que indica o fluxo mais fluido, aquele que não tem muito “zig zag”, percorre o caminho mais curto e não se cruza. Na Tabela 3.2, verifica-se a pontuação obtida por cada alternativa.

Tabela 3.2 - Escolha da melhor alternativa de layout, de acordo com a seguinte classificação:

E – excelente = 4, O – ótimo = 3, B – Bom = 2, R – Regular = 1 e I – Insuficiente = 0.

Parâmetros	Peso	P.01	P.02	P.03
Integração	1	O(3)	E(4)	E(4)
Mínima distância	2	O(3)	E(4)	E(4)
Flexibilidade	1	B(2)	B(2)	B(2)
Eficiência do fluxo	3	B(2)	O(3)	E(4)
Nota final		17	23	26

Percebe-se que a alternativa que obteve maior nota, sendo considerada o melhor layout para a beneficiadora, foi a 3. Pode-se observar nesse arranjo físico que inexistente cruzamento de fluxo, oferecendo uma excelente eficiência. A integração entre os setores também é excelente ajudando a oferecer mínimas distâncias de percurso do produto. Com relação a flexibilidade, ou seja, espaço para futuras ampliações, não foi pensando no galpão atual, porém existe terreno suficiente ampliações. Os laboratórios são interligados e possuem duas portas, uma para a recepção, favorecendo a análise do leite quando chega na beneficiadora, e a outra direto para a produção, facilitando a análise do produto durante o processo. É importante que essas portas permaneçam fechadas, servindo apenas de acesso restrito aos funcionários responsáveis pelas análises. Os banheiros embora estejam próximos da produção, estão isolados por

portas, o que é aconselhável para não haver contaminação. O setor de peneiramento e embalagem também estão isolados, sendo indicado para não correr o risco de contaminação do produto. Duas portas interligam esse setor, uma para o estoque e a outra para a produção (setor de secagem).

3.5 – CONCLUSÕES

Observou-se que o melhor tipo de layout para a fábrica de leite em pó, é o linear ou por produto, visto que apenas um produto será desenvolvido na empresa.

Através do método SLP e todos seus gráficos analíticos, foi possível perceber a melhor localização para cada departamento. Foi percebido que alguns departamentos devem ficar em local estratégico, como os banheiros, os quais necessitam ter uma ligação com o chão de fábrica, porém fisicamente separado, para não haver problemas de contaminação. Outros, possuem ligações com vários setores e por isso devem ficar em localização central para que a produção seja a mais fluida possível, a exemplo do departamento do CIP. Praticamente todos os departamentos devem estar próximos a ele. O departamento de secagem também possui muitas ligações importantes, devendo ser cuidadosamente posicionado.

Depois de analisar os três estudos de layouts desenvolvidos, verificou-se que a alternativa 3 se adequa melhor ao projeto, por ter uma integração maior entre os setores, os departamentos estão bem relacionados, com distância pequenas entre eles. O item de eficiência de fluxo, também foi muito bem avaliado, já que o layout é bastante fluido, sem cruzamento de fluxos. A produção, os banheiros, laboratórios e o setor de embalagem possuem duas portas para facilitar a movimentação dentro da planta produtiva, diminuindo o deslocamento do produto e dos funcionários.

3.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLDS, I. V.; GARTNER, D. Improving hospital layout planning through clinical pathway mining. **Ann of Operations Research**, v. 263, n. 1-2, p. 453-477, 2018.

AZADEH, A.; MOTEVALI HAGHIGHI, S.; ASADZADEH, S. M. A novel algorithm for layout optimization of injection process with random demands and sequence dependent setup times. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 33, n.2, 287 – 302, 2014

BEM, A. R. **Análise do processo produtivo e proposta de melhorias no arranjo físico e no processo produtivo de uma indústria de mosaicos: um estudo de caso.** 2013, 64 p. Monografia. Engenharia da Produção. Universidade Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

BRITTO, G. L.; MELO, I. G. G.; ARCIERI, A. M. A.; BARRETO, F. R. Aplicação da metodologia slp na melhoria do layout de uma linha de produção de chuveiros. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP,25, **Anais...ENEGEP**, v. 35, Fortaleza, 2015.

CALDERÓN, A. R. H.; PINTO, L. P. D. **Estudio de Factibilidad para Instalar una Planta de Producción de Harina de Arroz en la Ciudad de Arequipa 2018.** 2019, 317 p. Monografia. Engenharia Industrial. Escuela Profesional de Ingeniería Industrial. Arequipa, 2019.

CHEN, C.; HUY, D. T.; TIONG, L. K.; CHEN, I. M.; CAI, Y. Optimal facility layout planning for AGV-based modular prefabricated manufacturing system. **Automation in Construction**. v.98, 310-321, fev. 2019.

CORREIA, J.P.S.; RIBEIRO, G.; CORRÊA, P. L.; BORGES, U. C.; PRUDÊNCIO, R. A. N. Aplicação da produção enxuta para uma proposta de melhoria no layout do setor de preparação de kits em uma empresa do ramo aeronáutico. **Produção em Foco**, v. 8, n. 2, p. 243-261, 2018.

FEITOSA, J. F. F.; CAMPOS, T. I. L.; LEITE, D. C. Caprinocultura Leiteira no Semiárido: Um estudo acerca do sistema produtivo em uma associação no cariri paraibano. **Revista Científica Agropampa**, v. 1, n. 1, p. 29-49, 2020.

FERREIRA, J. C. E; REAES, P. A. **Performance comparison of the virtual cell layout with cellular and job shop configurations using simulation and design of experiments.** In: IEEE - International Conference on Automation Science and Engineering, 9, **Proceedings...IEE CASE**, Madison, Wisconsin, EUA: IEEE Robotics and Automation Society, p.795-800, 2013.

FREITAS, E. A.; SILVA, E. A. L.; CABRA, G. O. Proposição de melhoria do layout de uma empresa do setor agroindustrial utilizando a metodologia SLP. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 37, **Anais... ENEP**, João Pessoa, 2016.

GADELHA, F. C.; BESSA, J. A.; MOURA, L. B.; BARROSO, D. A.; MENEZES, J. W. M.; ALEXANDRIA, A. R. Alteração de um layout funcional para layout celular motivado pelos fundamentos da manufatura enxuta: Estudo de caso em uma indústria de transformadores. **Revista Holos**, v. 6, p. 156-169, 2015.

GERLACH, G. **Proposta de melhoria de layout visando a otimização do processo produtivo em uma empresa de pequeno porte**. 2013, 51p. Monografia. Engenharia de Produção. Faculdade Horizontina, Horizontina, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário Brasileiro**, 2014.

KANNAN, V. R. Analyzing the trade-off between efficiency and flexibility in cellular manufacturing systems. **Production Planning & Control**, v. 9, n. 4, p. 572-579, 2010.

LEITE, R. L. L.; DINIZ, A. M. F. Estudo do arranjo físico: O caso do gargalo de produção na manufatura de máquinas de costura. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13, Bauru. **Anais...**Bauru: UNESP, p. 1-10, 2006.

LIMA, R. **Fluxograma vertical + Modelo de fluxograma**. Aprendendo Gestão, 2016. Disponível em: <http://aprendendogestao.com.br/fluxograma-vertical-modelo-de-fluxograma/#respond>. Acesso em: jan. 2019.

LIRA, M. N. G.; GOMES, M. L. B.; PORTO, E.; SILVA. Proposta de layout racionalizado objetivando maior eficiência produtiva e segurança contra incêndios: um estudo de caso em uma empresa de calçados. In: Safety, Health and Environmet World Congress, 7, Vila Real, **Proceedings...**Portugal, 9-12, 2017.

LOPES, R. M. **Como definir e implementar um layout**. 2015, 52 p. Monografia. Engenharia de produção. Universidade São Francisco, Campinas, 2015.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.

MUTHER, R.; WHEELER, J. **Planejamento simplificado de layout – Sistema SLP**. São Paulo: IMAM, 2008.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de fábrica e layout**. Rio de Janeiro: Elsevier, 422 p. 2015.

NIVELLO, W. P. C.; NOVILLO, C. I. S. **Propuesta de mejora para distribución en planta y estandarización de tiempos de producción de piezas por inyección de aluminio en la empresa Industrias ST-PASAL**. 2019, 180 p. Monografia. Engenharia Mecânica. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Equador. 2019.

OLIVEIRA, F. D.; CAETANO, M. D. D. E.; NOVAES, L. F.; COSTA, C.; KRÖHLING, M. U.; BARCELOS, F. B. Pesquisa Operacional na Gestão da Segurança Pública. In: Simpósio brasileiro de pesquisa operacional, 46, **Anais...**Salvador, 2014.

ORIoTOTE, E. M.; ARALDI, J.; TANAKA, M. A.; CUOZZO, E.; BAGGIO, D. K.; PALADINI, E. P. Análise de Layout em uma Cervejaria Artesanal com base no modelo Systematic Layout Planning. **Revista de la Agrupación Joven Iberoamericana de COntabilidad Y Administración de Empresas (AJOICA)**, n. 16, p. 1-21, 2017.

PALAÉZ, A.; MONTEZA, C. K. M. **Diseño y distribución de planta en la empresa textil Wilmer Sport srl. de la ciudad de Trujillo**. 2017, 123 p. Tese. Engenharia Industrial. Universidade Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú, 2017.

PASCINI, A. P. G. **Arranjo Físico**. Apostila. Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

PETRY, C. **Proposta de Arranjo físico através do Método SLP em um ambiente operacional de uma empresa de comunicação visual.** 2015, 65p. Monografia. Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

PILLAI, V. M.; HUNAGUND, I. B.; KRISHNAN, K. K. Design of robust layout for dynamic plant layout problems. **Computers & Industrial Engineering**, v. 61, n. 3, p. 813-823, 2011.

REIS, M. F. dos; NASCIMENTO, A. J. do; PAIXÃO, A. C. da; DIAS, F. C.; SANTOS, M. dos. Proposta de melhoria do layout produtivo: estudo de caso de uma gráfica na cidade do Rio de Janeiro – RJ. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v. 3, n. 2, p. 14-25, 2017.

RISSO, L. A. **Procedimentos sistemáticos para projeto de layout para ambientes job shop.** 2016, 167 p. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção e Manufatura. Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2016.

ROSA, G. P.; CRACO, T.; REIS, Z. C.; NODARI, C. H. A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, n. 2, p. 139-154, 2014.

SANTOS, T. S.; SILVA, E. V. S.; MONTEIRO, A. S.; ROCHA, N. S.; ALVES, L. F. Proposta de melhoria de layout para uma oficina de caminhões por meio da aplicação da metodologia PSL. **Revista Latino-Americana de Engenharia de Produção**, v. 6, n. 9, p. 133-147, 2018.

SHAGH, F.; DEFERSHA, F. M.; MOUSSA, S. E. A mathematical model for the design of distributed layout by considering production planning and system reconfiguration over multiple time periods. **Journal of Industrial Engineering International**, v. 11, n. 3, p. 283-295, 2015.

SILVA, A. P.; MORAES, C. A. C. A importância do layout no arranjo organizacional de uma empresa. In: Fórum Científico da FUNEC: Educação, Ciência e Tecnologia, 6, n. 6, **Anais...**Santa Fé do Sul, 2015.

SILVA, L. C. S.; MAIA, F. O.; SILVA, J. H. Proposta de melhoria do layout de uma fábrica de sorvetes para a otimização do processo produtivo. In: Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 10, **Anais...**Campo Mourão, 2016.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A. A.; BOZER, Y.; TANCHOCO, J. M. A. **Facilities Planning.** 4 ed. EUA: John Wiley & Sons, 201.

VERGARA, W. R. H.; BARBOSA, F. A.; YAMANARI, J. S. Uma proposta de arranjo físico em uma indústria recicladora de resíduos hospitalares. **Revista Científica Tecnologia, Gestão e Humanismo.** v. 6, n. 1, p. 68-83, 2016.

WIENDAHL, H. P.; REICHARDT, J.; NYHUIS, P. **Handbook factory planning and design.** Alemanha: Springer, 2015.

CAPÍTULO 04

**PLANO APPCC E ESTUDO DOS PONTOS
CRÍTICOS DA PRODUÇÃO DO LEITE EM PÓ**

4.1 INTRODUÇÃO

Gradativamente os consumidores estão se tornando mais exigentes, fazendo com que as empresas tenham a necessidade de se aperfeiçoarem na fabricação dos produtos. Na indústria alimentícia não é diferente, essa exigência por qualidade é até maior, visto que alguns produtos podem ameaçar a saúde humana, se não forem de qualidade.

O leite, importante na dieta alimentar, visto que possui vários nutrientes fundamentais, também é um produto facilmente perecível. Por esse motivo é imprescindível que sua produção seja observada do começo ao fim, com o intuito de prever os possíveis problemas afim de evitá-los.

Para obter um alimento com qualidade é preciso monitorar todo o processo, desde a criação dos animais e ordenha, até a finalização do produto, já que a contaminação microbiana ou mesmo contaminação química ou física, pode ocorrer em qualquer fase. De acordo com Rosseto, Batistella & Veiga (2020) a contaminação, seja ela em qualquer etapa, pode gerar efeitos indesejáveis na textura, cor, odor ou sabor, diminuindo o prazo de validade e podendo até gerar problemas sérios de saúde ao consumidor, caso os parâmetros não estejam dentro das normas estabelecidas. Dessa maneira é importante que o processo produtivo seja seccionado em fases e em todas elas sejam seguida a legislação vigente. Um exemplo é a realização periódica dos testes físico-químicos e microbiológicos, para que o produto atinja os níveis básicos de qualidade higiênico-sanitária (Jesus et al., 2020).

Segundo Artilha-Mesquita et al. (2021), diversas ferramentas de gestão de qualidade foram desenvolvidas para assegurar os atributos positivos dos produtos e exigências comerciais tanto no âmbito nacional como internacional como o sistema 5S, seis sigmas, séries ISO, as BPF – Boas práticas de Fabricação, POPs – Procedimento de operação padrão, PPHO – Procedimento Padrão de Higiene Operacional e o próprio APPCC (esses quatro últimos, também abordados nesse capítulo). Essas ferramentas auxiliam uma produção segura e de qualidade.

O APPCC – Análise de perigos e pontos críticos, foco deste capítulo, norteia a gestão de qualidade em todo o processo produtivo, atuando como um método preventivo inserido na linha de produção, sendo aplicado com sucesso nas propriedades leiteiras para controlar agentes patogênicos e resíduos medicamentosos. O APPCC de controle surge como um aliado, facilitando a gestão de qualidade e estimulando a competição entre empresas. Murphy et al. (2016) afirmaram que esse sistema é

recomendado por várias organizações internacionais como a OMC (organização Mundial do Comércio), OMS (Organização Mundial da Saúde), FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura).

Rocha et al. (2018) apontaram que tal sistema indica os possíveis perigos associados à saúde do consumidor em cada etapa da produção e mostra as medidas preventivas que passam a garantir a segurança do alimento. O APPCC ainda não é obrigatório nas indústrias alimentícias, porém provavelmente em um curto período de tempo, torna-se-á obrigatório.

Dessa forma, objetivou-se neste capítulo conhecer o sistema APPCC, programa importante na indústria alimentícia e formular um plano que possibilite uma futura aplicação na beneficiadora de leite, com intuito de gerar um produto de qualidade e com segurança alimentar, evitando os perigos, sejam eles químicos, físicos ou biológicos na produção.

4.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.2.1 Segurança alimentar e Controle de qualidade do leite

Em 2011 o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA publicou a instrução normativa (IN) nº 62 que afirma que a qualidade do leite é dada através de sua composição química, características físico-químicas e higiene, observando principalmente os teores de proteínas, gordura, lactose, sais minerais e vitaminas. A Instrução Normativa (IN) nº 37 fixou valores de requisitos mínimos de qualidade do leite de cabra como 0,6 a 2,9% para gordura, 2,8% de proteína, 4,3% para lactose e 8,2% para sólidos totais (MADUREIRA et al., 2017).

Além de garantir a segurança na ingestão do alimento, o controle de qualidade também serve para estabelecer um sistema de produção compatível com a obtenção de um produto competitivo, sendo apropriado para atender as exigências comerciais (ROSA, et al., 2017).

A segurança alimentar é a união das normas que regem todos os processos da produção, transporte e armazenamento dos alimentos, visando a garantia de determinadas características dos produtos, realizando adequações a padrões biológicos, físicos e químicos para que esses alimentos estejam aptos para o consumo (LUZ & OLIVEIRA, 2019). Higiene precária da ordenha e problemas no manejo estão diretamente ligados a má qualidade do leite. Por isso é necessário monitorar a sanidade da glândula mamária e a saúde do animal no geral, além de ter cuidado com fatores que também prejudicam as características do produto como: desinfecção inadequada dos equipamentos de beneficiamento, transporte inadequado, e problemas com a refrigeração ou mesmo a falta dela. Caso ocorra algum problema nas etapas de produção ou venda, ocorrerá perdas econômicas já que a qualidade do alimento foi afetada de modo negativo (PORTO, 2016). É importante perceber que alguns detalhes, que parecem não ter relevância devem ser observados, como a temperatura do leite no transporte, que depois da ordenha o tempo gasto para refrigeração deve ser de no máximo 3 h, já contabilizado o tempo de transporte para o tanque refrigerador e o tempo de refrigeração do produto até 7 ou 4 °C. O leite cru armazenado a 4 °C reduz a taxa de crescimento de microrganismo, sendo mais interessante (CERVA, 2013).

No entanto, mesmo com a criação das instruções normativas muitas propriedades ainda possuem baixa eficiência produtiva com altas contagens de células somáticas (CCS) e contagem bacteriana total (CBT) alta. O elevado índice de CCS indicam grandes perdas na produção, baixo rendimento do leite e diminuição da vida útil

do alimento processado. A CBT alta, indica falta de higiene no processo de obtenção do leite. Esses números são indicadores da qualidade de produção da propriedade, mostrando de forma clara se o processo de produção para obtenção do leite está ocorrendo de maneira equivocada (LANGONI, 2013).

Por causa da sua composição o leite é um produto que estimula o crescimento de vários tipos de micro-organismos, tantos os patogênicos e os deteriorantes, como por exemplo a *Salmonella sp*, *Bacillus cereus*, *Brucella*, *Campylobacter*, *Escherichiacoli 0157:H7*, *Listeria monocytogenese* *Staphylococcus aureus*. Esse tipo de contaminação é chamada de biológica e ocorre sobretudo em lugares sem estrutura adequada para essa atividade. Contudo, o leite cru também pode ser contaminado de várias outras formas, como resíduos de antibióticos, pesticidas, microtoxinas e metais pesados todos considerados como perigos químicos. Já os perigos físicos podem ser os corpos estranhos presentes no produto acabado e que podem causar algum problema à saúde do consumidor (ARAÚJO, 2019). Por essa facilidade de contaminação, as empresas de laticínios se veem obrigadas a implantar as boas práticas de fabricação (BPF), os procedimentos operacionais padrão (POP) e a análise de perigos e pontos críticos (APPCC), conhecido internacionalmente como *Hazard Analysis and critical control point* (HACCP), os quais se relacionam não apenas ao produto em si, mas a todo o seu entorno como as instalações, maquinários, materiais e higiene em todas as etapas do processo (OLIVEIRA, 2016). Esses procedimentos são importantes, já que não existe a possibilidade de melhorar a qualidade do leite por meio de processos industriais (RIBEIRO NETO et al., 2012).

4.2.2. Boas práticas de fabricação (BPF)

Essa ferramenta deve ser inserida em todas as fábricas alimentícias já que são procedimentos que visam garantir a qualidade e a segurança dos alimentos produzidos, com poucas perdas produtivas, atingindo um determinado padrão de identidade e categoria de um produto cuja efetividade deve ser medida através de inspeções.

As BPFs devem ser um processo contínuo, que nunca deve parar, sempre precisando de adaptações e inovações, visando a melhoria dos produtos e dos processos. Desse modo, devem ser consecutivamente monitorados e avaliados pelo estabelecimento e órgãos de vigilância sanitária, oferecendo, com a sua utilização, produtos que atendam as necessidades de qualidade requeridas pelo mercado consumidor (LEMES et al., 2018).

Tal programa abrange vários setores da unidade produtora de alimentos, sendo regido por normas que englobam requisitos fundamentais como aspectos da construção da fábrica, higiênico-sanitário das instalações, principalmente para o setor de produção, equipamentos, utensílios, e também rigorosas regras higiênico-sanitário para os colaboradores, além de analisarem a qualidade da matéria-prima e ingredientes. Para as empresas de produtos lácteos, as BPFs são regulamentadas pela portaria de nº 368, de 4/9/97 e pela Resolução nº 10, de 22/5/2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BARROS et al., 2019).

Assim, pode-se dizer que toda unidade de produção alimentícia deve possuir um manual de BPF e de suas ferramentas de controle (POP e PPHO), apresentando todas as informações relacionadas aos procedimentos a serem realizados pela agroindústria, como as higienizações e /ou processos realizados, informando os tipos de produtos a serem utilizados e suas quantidades, além dos utensílios e acessórios empregados no processo (SALES, 2020).

A implementação das boas práticas de manejo implica na redução de microrganismos do leite que associadas a boas práticas no beneficiamento, melhoram muito a qualidade do produto.

4.2.3 Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO)

Além do manual de BPF, também deve ser estabelecido a obrigatoriedade da elaboração dos procedimentos operacionais padrão (POP) que se relacionam a prevenção e controle de perigos químicos, físicos e biológicos. Todos esses procedimentos devem ser aprovados e controlados pela empresa e os funcionários, principalmente os verificadores, devem estar bem treinados para a execução dessas atividades (LUZ & OLIVEIRA, 2019).

Os procedimentos operacionais padrão são descritos, desenvolvidos, implantados e monitorados buscando estabelecer a forma rotineira em que o estabelecimento irá evitar a contaminação direta ou cruzada, mantendo a qualidade e integridade do alimento por intermédio do controle de higiene antes, durante e depois das operações de produção. Tem como objetivo a padronização e a minimização da ocorrência de desvios na execução de tarefas fundamentais para o funcionamento correto do processo, garantindo que a empresa tome sempre as mesmas decisões para solucionar algum problema ou mesmo realizar atividades rotineiras, com o intuito de garantir a qualidade e a uniformidade, mesmo tendo ocorrido em turnos diferentes, e

solucionados por pessoas distintas. Desse modo, diminui as variações causadas por imperícias e adaptações aleatórias de funcionários. O POP é a base para a padronização das tarefas garantindo ao consumidor produtos livres de variações indesejáveis. É necessário planejar o desenvolvimento a verificação e implantação do sistema (CORRÊA et al., 2020).

Deve ser escrito de forma clara e bem detalhado, para que se obtenha a uniformidade da produção. Seu acesso, deve ser limitado aos seus usuários e qualquer atualização ou revisão, deve ser aprovada antes da implementação (OVIEDO et al., 2020). No entanto, de acordo com Jales & Marques (2019), um POP impreciso ou mesmo mal escrito, além de reduzir a produtividade e levar a falhas na produção, dependendo da atividade, pode oferecer riscos aos funcionários.

Os principais passos para a elaboração do POP são:

- Escolher um nome para o POP (nome da atividade/processo a ser trabalhado)
- Descrever as etapas da tarefa (descrever de forma clara o passo a passo de como realizar a tarefa)
- Local de aplicação ou categoria (em qual local se aplica aquele POP? Qual o ambiente ou setor?)
- Documentos de referência (quais documentos poderão ser usados ou consultados quando alguém for usar ou seguir o POP? Podem ser manuais, outros POPs, códigos, dentre outros.

Alguns procedimentos operacionais são importantes para evitar a contaminação do leite por doenças infecto-contagiosas como a mastite que é causada por microrganismo como o *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus agalactiae* e o *Corynebacterium bovis*. Os procedimentos a serem adotados são: uma rotina correta de ordenha com a desinfecção das tetas, tratamento de mastites clínicas durante a lactação, a higienização e manutenção adequada dos equipamentos de ordenha, identificação, separação e descarte do leite dos animais infectados, além do manejo adequado do ambiente dos animais (ARCANJO, et al., 2017).

Outro procedimento para manter a qualidade do leite, que também é muito importante, é a higienização de todo o maquinário usado para o beneficiamento do produto, esse procedimento deverá seguir os seguintes passos: enxaguar com água morna, esfregar todas as superfícies com escova limpa e detergente alcalino, principalmente nas pás agitadoras, registro de saída de leite (é recomendável o

desmonte da torneira). Posteriormente, pode-se usar a solução de detergente, ácido para diminuir a formação de pedras do leite. É importante também utilizar uma solução desinfetante para a certeza da retirada completa de todos os contaminantes e observar com o máximo de cuidado se todo o conteúdo desinfetante foi retirado. Antes do próximo uso os maquinários precisam estar bem secos (CERVA, 2013).

Os procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO) devem ser descritos, desenvolvidos, implantados e monitorizados, tendo como objetivo o estabelecimento da rotina pela qual o estabelecimento industrial evitará a contaminação direta ou cruzada, além da adulteração do produto. De acordo com LIMA & SELEME (2020) o PPHO, são responsáveis por definir a maneira de realizar as práticas de higiene, além das condições sanitárias das etapas de processamento do alimento. O PPHO deve ser estruturado em 8 princípios:

- 1- Segurança da água;
- 2- Condições de higiene das superfícies de contato com o alimento;
- 3- Prevenção contra contaminação cruzada;
- 4- Higiene dos colaboradores;
- 5- Proteção contra contaminantes e adulterantes do alimento;
- 6- Identificação e estocagem adequada das substâncias químicas e agentes tóxicos;
- 7- Saúde dos colaboradores;
- 8- Controle de pragas;

4.2.4 Análises dos pontos críticos da produção

O estudo dos pontos críticos, que pode ser realizado através do APPCC (análise de perigos e pontos críticos de controle) é definido como um conjunto sistemático de atividades usadas para controlar a produção de alimentos, com a finalidade de garantir a segurança e a qualidade do produto (FLISCH, 2016).

Esse sistema se iniciou nas indústrias químicas da Grã-Bretanha, nos anos 50. Nas décadas de 60 e 70, a pedido da NASA, ele foi modificado para uso no setor alimentício pela *Pillsbury Company* com o intuito de acabar com enfermidades causadas por alimentos aos astronautas (MENDES et.al., 2016). Com a utilização desses sistemas para as comidas dos astronautas, foi percebido que o controle de qualidade dos alimentos utilizados na época, testes patogênicos em produtos acabados, não estavam mais surtindo o efeito esperado para os produtos industrializados. Pelo alto índice de contaminação durante o processo, os fabricantes tinham que repetir as

análises microbiológicas várias vezes, diminuindo a oferta para venda. Com tudo isso, foi percebido a importância do controle da segurança alimentar ocorrer durante todo o processo de produção, levando ao aprimoramento e introdução do APPCC nas indústrias alimentícias (THEODORO et al., 2020).

No Brasil, tal sistema só foi adotado em 1993, quando o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) regulamentou a sua utilização para pescados e em seguida, no mesmo ano, para indústria de alimentos de forma geral. Contudo, ainda não é usado de forma homogênea em todos os setores da indústria alimentar (ROCHA et al., 2018).

Esse sistema também oferece uma abordagem mais específica e crítica quanto ao controle de riscos microbiológicos com relação ao teste de patógenos em produtos acabados, o que traz benefícios como o aumento da segurança do consumidor, reforço da qualidade do produto, redução de custos operacionais, reforço da imagem do estabelecimento junto aos clientes, além de trazer uma evidência documentada do controle de processos no que se refere à segurança, o que permitem demonstrar o cumprimento das especificações, códigos de práticas e/ou legislação. Também facilita o rastreamento em caso de ocorrência ou surto de intoxicação alimentar (FERREIRA et al., 2011). O APPCC, por ter fundamentos científicos e caráter sistemático, possibilita a identificação dos perigos específicos e medidas para seu controle com a função de garantia da saúde alimentar. Essa ferramenta propõe avaliar os perigos e estabelecer sistemas de controles focados na prevenção ao invés de analisar apenas o produto finalizado (ARAÚJO, 2019).

O APPCC trabalha com a prevenção de todos os tipos de perigos, que segundo MOREIRA (2018) dos três (biológicos, químicos e físicos), o biológico é o que tem maior incidência em casos ou surtos de doenças transmitidos por alimentos. Dessa maneira, deve-se priorizá-lo na implantação do sistema. Porém, os outros perigos também devem ser avaliados pelo o grau de severidade que podem variar de baixa a alta, dependendo do agente contaminante. As medidas preventivas contra os perigos devem ser tomadas para evitar o prejuízo a saúde do consumidor, tornando sua implementação fundamental para a indústria, facilitando ainda as certificações dos produtos.

Nos APPCC são analisados os perigos e medidas preventivas, pontos críticos de controle, estabelecimentos de limites críticos, além de determinar os procedimentos de monitoração, ações corretivas, procedimentos de verificação e de registros (BERTI e SANTOS, 2016). O bom aproveitamento do APPCC dependerá da combinação com

os programas como o BPF e o POP, anteriormente mencionados, os quais são sistemas já regulamentados pelo Ministério da Saúde (MS) e pelo MAPA, e que devem ser implementados na empresa antes do APPCC, visando garantir segurança e redução de custos e aumentar a lucratividade (SANGALI, et al., 2017). O APPCC controla apenas as etapas de produção, já as outras ferramentas controlam o ambiente onde o ocorre o processo produtivo.

A utilização do sistema APPCC é um diferencial competitivo e sua utilização na empresa leiteira assegura a garantia de contratos com clientes exigentes, tanto no Brasil como no exterior. É uma garantia de segurança alimentar reconhecida internacionalmente e pode garantir a segurança dos alimentos no processo de produção, processamento, preparação e consumo. É considerado um método de identificação, avaliação e controle de possíveis problemas com os alimentos, seguindo padrões de higiene, limpeza, segurança e constantes avaliações (QIANQUIAN & HARASAWA, 2016).

De acordo com ARAÚJO (2019) a ferramenta do APPCC, pode ser implementada por meio de 12 etapas compostas por 5 passos preliminares e sete princípios básicos. Os cinco passos preliminares são:

1 – Formação da equipe multidisciplinar, devendo ser composta por funcionários de chão de fábricaa supervisores, que são os responsáveis por manter o programa funcionando e liderar a equipe;

2 – Descrição do produto: Descrever o produto, composição química e outros aspectos que podem afetar na segurança;

3 – Destinação do uso: Mostrar os clientes em potencial;

4 – Elaboração do fluxograma de produção;

5 – Confirmação do fluxograma. Operação realizada por toda a equipe do APPCC e objetivando confirmar se o que foi delineado anteriormente corresponde à realidade.

Os sete princípios em que se baseia o APPCC são: identificação do perigo, identificação do ponto crítico de controle, estabelecimento do limite crítico, monitorização, ações corretivas, procedimentos de verificação e registros de resultados. A utilização desse sistema provocará mudanças na rotina da empresa, caso já exista, e por isso demanda afinco de todos os envolvidos no processo (BISTOLA, 2020).

A seguir as descrições de cada princípio do processo de acordo com o *Institute of Agriculture and Natural Resources* e corroborado por Anchundia & Velásques, (2019).

A etapa de identificação dos perigos consiste em listar os estágios do processo e identificar os prováveis riscos significativos. A equipe do APPCC estudará os riscos que poderão ser evitados, eliminados ou controlados pelo sistema. A identificação dos pontos críticos de controle é a segunda etapa do sistema. Nela, se estabelece os controles para prevenir ou mesmo eliminar um perigo anteriormente identificado ou pelo menos reduzi-lo para um nível aceitável. Normalmente a equipe do APPCC usará uma árvore de decisão de PCC (ponto de controle crítico), facilitando a identificação deles. Às vezes, para apenas um perigo são necessários mais de um PCC.

Para a criação da árvore decisória é importante fazer 3 perguntas para cada matéria-prima ou ingrediente (ARAÚJO, 2019):

- i – O perigo é controlado no programa de pré-requisitos?
- ii – O perigo pode ocorrer em níveis aceitáveis?
- iii – O processo eliminará ou reduzirá o perigo a um nível aceitável?

Quadro 4.1 – Identificação de PCC's

I	ii	iii	
S			Não é PCC
N	N		Não é PCC
N	S	S	Não é PCC
N	S	N	É um PCC

Fonte: Adaptado de Araújo (2019)

Na terceira etapa, é estabelecido o limite crítico (LC), que é o valor máximo e/ou mínimo de um parâmetro biológico, químico ou físico e que deve ser controlado em um PCC na busca de prevenir, eliminar ou reduzir a um nível aceitável a ocorrência de um risco à segurança de alimentos. Normalmente é uma medida como tempo, temperatura, atividade de água (Aw), PH, peso, dentre outros, que sejam baseados na literatura científica e/ou padrões regulatórios.

Na etapa de monitorização, a equipe descreverá os procedimentos de monitoramento utilizados para medir o limite crucial em cada ponto de controle crítico. Esses procedimentos devem descrever como, quando e quem fará as medições e a frequência que deverá ocorrer a medição durante a produção.

As ações corretivas são acionadas no momento em que se percebe um desvio nos limites críticos anteriormente estabelecidos e devem ocorrer rapidamente para que o ponto crítico fique sob controle. Elas devem seguir as seguintes fases: determinar e corrigir a causa do perigo, determinar a disposição do produto não conforme e por fim, registrar as ações que foram tomadas. Essas ações corretivas podem e devem ser definidas com antecedência para cada PCC e já incluídas no APPCC.

No procedimento de verificação, tudo já foi realizado nas etapas anteriores, cabendo a esta apenas uma revisão de tudo que foi feito para uma segurança total no processo.

A última etapa é a de registro de resultado. Essa fase é muito importante para que a empresa tenha um sistema de registro preciso e eficaz, em que são documentados os procedimentos do plano APPCC.

Vários benefícios são alcançados com a utilização do APPCC nas indústrias alimentícias. Os produtos gerados por empresas que se utilizam desse sistema, produzem produtos com mais qualidade, deixando seus consumidores mais satisfeitos (MENDES et al., 2016).

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 MATERIAL

Esse projeto foi desenvolvido com o intuito de auxiliar a criação da fábrica de leite em pó localizada no Cariri paraibano, no município de Prata – PB. Essa etapa do estudo foi desenvolvida através de pesquisas bibliográficas e de programas computacionais para organizar as informações.

4.3.2 Métodos

4.3.2.1 Elaboração do plano APPCC

A metodologia empregada neste capítulo foi a exploratória, conhecendo todo o universo teórico, que tem uma abordagem qualitativa, ou seja, as análises dos dados são feitas sem o uso de métodos estatísticos. Também se utilizou o método descritivo, visto que toda informação obtida foi observada, analisada e registrada, tendo como intuito principal a elaboração do plano de APPCC da fábrica de leite em pó.

Depois de toda a pesquisa e conhecimento adquirido, foram descritos os sete princípios do APPCC e posteriormente para a aplicação dos mesmos foi utilizado o diagrama conhecido por árvore decisória.

Para a elaboração do APPCC utilizou-se como base a Portaria 46, de 10 de fevereiro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Cordex Alimentarius (2006), os quais oferecem os princípios e as etapas para a elaboração do plano.

A seguir, verifica-se todos os passos realizados para o desenvolvimento do plano APPCC.

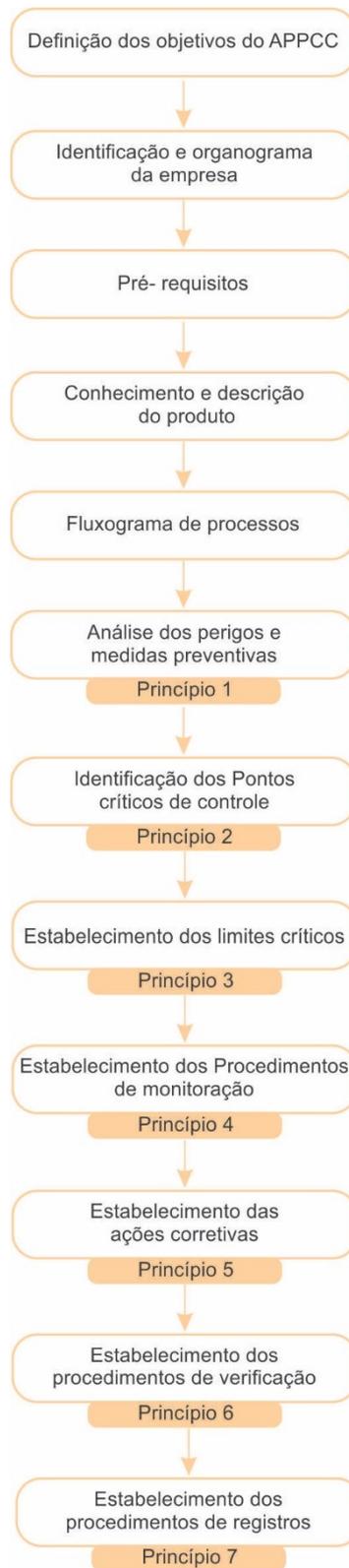


Figura 4.1 – Plano APPCC

Fonte – Própria autora

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com Araújo (2019) para dar suporte ao APPCC, a empresa deve ter implementado várias ações, como a criação e implementação de programas (BPF, POPs e PPHO). A estrutura física também é importante, no Capítulo 03, no item 3.2.3, são descritos alguns elementos significativos para as instalações físicas da beneficiadora que devem ser seguidos. Existem também outros aspectos como:

Recepção do leite: A área de recepção deve ser ampla e a plataforma situada a uma altura compatível com a operação de descarga do produto. O piso deve ser totalmente impermeável, com dreno e sempre limpo;

Colaboradores: Devem receber treinamento periódico e constante sobre as práticas sanitárias de manipulação de alimentos e higiene pessoal, que fazem parte das BPF;

Veículos transportadores: Caso a matéria-prima venha de longe, os veículos devem ser refrigerados, tendo a temperatura rigorosamente correta e conservá-la durante todo o trajeto e distribuição;

Estoque: Após o recebimento da matéria-prima, a mesma deve continuar com refrigeração apropriada (4 °C) até seu processamento;

Limpeza de ambientes e equipamentos: Diariamente fazer procedimentos específicos para sanitização de áreas de processo (paredes, pisos e tetos) e semanalmente para as câmaras de refrigeração e todo o ambiente da agroindústria;

Embalagem: O empacotamento do produto deve ser realizado em um ambiente separado das operações realizadas com o leite cru, devendo ser finalizado rapidamente com o intuito de diminuir a exposição do produto à contaminação;

Armazenamento: O armazenamento das embalagens deve ocorrer em condições que evitem a deterioração e que seja protegido contra a contaminação;

Controle de pragas: A unidade de processamento deve ter um programa contínuo de controle de pragas;

Equipamentos: Os equipamentos devem ser sempre calibrados;

Registro de controle: Todo procedimento gera pelo menos uma planilha de registro, que devem ser guardadas para que o processamento seja rastreável a qualquer momento.

Depois de ter todos esses pontos suportes implantados na empresa, começa-se a estruturar o APPCC. O plano APPCC para a cooperativa de leite em pó foi formulado

baseando-se nas etapas contidas no Cordex Alimentarius (2006) e na portaria MAPA nº 46/98. Porém, antes de começar com o desenvolvimento das etapas, é importante definir o objetivo da inserção desse programa na empresa. Para o nosso estudo o objetivo principal foi evitar a ocorrência de perigos, sejam eles químicos, físicos ou biológicos na produção, resultando em um leite em pó com qualidade e segurança alimentar.

1ª etapa – Criação da equipe multidisciplinar do APPCC e reconhecimento da empresa

É imprescindível conhecer a empresa produtora, fazendo-se necessário identificar o seu organograma, organizando informações como razão social, CNPJ, responsável técnico, endereço, relação dos produtos elaborados, destino da produção, além de todos os setores e funcionários. Toda essa informação deve ser documentada em formulários.

Posteriormente é importante a formação da equipe para criação do APPCC. Essa grupo deve ter caráter multidisciplinar, incluindo os supervisores de cada departamento (geral, escritório, expedição da produção, qualidade, produção, laboratório, almoxarifado e embalagem) (ARAÚJO, 2019).

No Quadro 4.2, observa-se de forma simplificada a formação da equipe multidisciplinar para o APPCC, em que cada funcionário terá conhecimento de todo o processo e terão responsabilidades importantes para o desenvolvimento do programa (VIEIRA, 2019).

Quadro 4.2– Equipe multidisciplinar do APPCC – Cargos / Funções / Atividades

Equipe Multidisciplinar do APPCC		
Cargo	Função no APPCC	Atividades
Diretor Geral	Inspetor do programa	Gerar recursos para manutenção do programa; Assegurar o seu cumprimento
Supervisor de qualidade	Inspetor de qualidade	Elaborar, monitorar, atualizar e administrar os programas de segurança alimentar (BPF, PPHO e APPCC)
Técnico de Manutenção	Manutenção das máquinas e monitoramento da higiene	Verificar sistemas de calibração, manutenção (preventiva e corretiva dos equipamentos)
Supervisor da produção	Inspetor da recepção do leite e de todo o processo	Monitorar a qualidade do leite na recepção e em toda a produção. É responsável por supervisionar o laboratório e suas análises e as outras etapas da produção
Supervisor do escritório	Coordenador do APPCC	Acompanhar e gerenciar a documentação referente aos processos
Gerente de compras	Monitor de equipamentos novos, insumos, armazenamento do produto final, etc.	Garantir a boa conservação dos produtos em estoque e verificar o fluxo de entrada e saída do produto da empresa.

Fonte: Própria autora

Percebe-se que cada funcionário terá sua importância no plano APPCC. Essa equipe deve receber treinamento nas áreas de tecnologia/ equipamentos usados na linha de produção, fluxograma, tecnologia de processos, microbiologia de alimentos, aspectos epidemiológicos das doenças de origem alimentar, entre outros conteúdos importantes para a continuidade do programa (SANTOS, 2018). Neste caso específico, ainda não é possível finalizar essa primeira etapa, pois a empresa ainda não está em funcionamento.

2º e 3º etapas – Descrição e determinação do uso pretendido do produto e elaboração do fluxograma de processo e descrição das etapas

Depois de conhecer a empresa, seus funcionários e ter uma equipe multidisciplinar montada, faz-se necessário conhecer o produto a ser fabricado, bem como seu fluxograma de processo, que descreve de modo claro e objetivo as etapas envolvidas em seu processamento. É relevante conhecer os ingredientes do produto, formulações, composição, materiais das embalagens, entre outras informações importantes. No Capítulo 01 pode-se conhecer o produto em questão e verificar seu fluxograma de processos na Figura 3.17. No Quadro 4.3, verifica-se um resumo das principais informações do leite em pó de cabra e alguns dados que devem ser inseridos na embalagem do produto.

Quadro 4.3 - características principais do produto

Leite em pó (cabra)	
Umidade	5,3%
Gordura	3,5%
Modo de preparo do alimento	Alimento em pó, deve ser diluído em água antes da ingestão. Diluir 1 colher de sopa para 250 ml de água
Prazo de validade	2 anos
Características da embalagem	Embalagem flexível metalizada de 200g
Controles especiais durante distribuição, comercialização e consumo	Armazenar em local seco e arejado
Local de vendas	Loja própria da cooperativa e pequenos mercados da região do cariri paraibano

Fonte: Própria autora

Adaptado da portaria 46 de 10/02/98 do MAA apud Guia para elaboração do plano APPCC

Todas essas informações mencionadas, devem ser reunidas em um único documento denominado de plano APPCC.

4ª etapa – Análise dos perigos biológicos, químicos e físicos e estabelecimento das medidas preventivas (princípio 01)

Posteriormente a fase de conhecimento da empresa, produto e processo, inicia-se o desenvolvimento dos sete princípios do APPCC. Os perigos (biológicos, químicos e físicos) podem ter gravidade diferenciada para os consumidores, gerando graus de severidade variados. Para Dominato & Pierre, (2017), é permitido classificá-los da seguinte forma:

Severidade baixa – Quando o perigo (químico ou biológico), pode gerar dano leve à saúde, sem precisar de hospitalização. O perigo físico, no entanto, a severidade baixa é relacionada apenas ao desconforto psicológico;

Severidade média – Nesse caso os perigos químicos ou biológicos podem levar a hospitalização ou visita ambulatorial, mas com rápida recuperação;

Severidade alta - O perigo biológico ou químico, pode ocasionar a morte do indivíduo, causar doença crônica ou uma hospitalização demorada. No caso do perigo físico, o mesmo pode causar algum dano a integridade física do consumidor.

Também é analisado o risco ou probabilidade de ocorrência desses perigos, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2001), essa probabilidade pode ser baixa, média ou alta.

Para facilitar o entendimento os principais perigos (biológicos, químicos e físicos), foram listados nos quadros abaixo, juntamente com o risco que representam. O Quadro 4.4, se refere aos perigos da matéria-prima, o leite in natura. Nos Quadros de 4.5 a 4.8 estão descritos os perigos que cada etapa do processo de fabricação do leite em pó é susceptível, e no Quadro 4.9 identifica-se os perigos que não podem ser controlados pela empresa.

Quadro 4.4 – Verificação dos possíveis perigos encontrados na matéria – prima

Fonte: Própria autora

Matéria prima	Perigo	Justificativa de perigo no processo	Módulos de controle	Severidade	Risco
Leite <i>in natura</i>	Biológico: Células somáticas	Pode ocorrer frequentemente no manuseio da matéria prima	Controle de qualidade do leite, assistência técnica ao produtor	Baixa	Média
	Contagem total de bactérias (Port. Nº 76 / 18)		Controle na recepção da matéria-prima	Baixa	Médoa
	Químico: Medicamentos: antibióticos	Contaminação por negligência ou ignorância do produtor. Drogas mal administrada	Controle de qualidade na produção, administração de antibióticos e na recepção do leite. Verificar as drogas adequadas e obedecer o tempo de carência do uso	Alta	Alto
	Alergênicos	Falta de comunicação/ informação	Informar na embalagem que contém lactose	Média	Médio
	Detergentes sanitizantes	Ignorância do produtor	Verificar em análises se o leite possui contaminação	Alta	Médio
	Reconstituintes de densidade, Neutralizantes e Inibidores de microbiológicos	Adição intencional por parte do produtor	Monitoramento da qualidade do leite, verificando a existência de reconstituintes de densidade, neutralizantes ou inibidores	Baixa	Médio
	Físico: vidro, metais e pedra	Contaminação cruzada que ocorre na obtenção do leite	controle de qualidade na obtenção do leite	Baixa	Médio
	Madeira, borracha e plástico		Filtragem do leite	Baixa	Médio
	Pragas, pêlos, folhas, etc		Seguir as especificações de leite pasteurizado/in natura		

Quadro 4.5 – Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó

Etapa do Processo	Perigo	Justificativa de Perigo no processo	Módulos de controle	Severidade	Risco
Silo de Transporte	Biológico:				
	Coliformes	O aumento inadequado da temperatura possibilita o desenvolvimento microbiano	Controlar a temperatura do leite no recebimento, para não exceder 7°C	Baixa	Baixo
	Salmonella spp			Alta	Médio
	Contagem total			Baixa	Médio
	Staphylococcus coagulase positiva	A contaminação também pode ocorrer pela má higienização do silo	Seguir BPF de higienização de silos e tanques	Baixa	Médio
	Químico:				
Detergentes e sanitizantes	Resíduos deixados por falha na higienização	Higienizar conforme as normas e ao BPF	Alta	Médio	
Físico					
		Não se aplica			
Filtragem	Biológico:				
	Coliformes			Baixa	Baixo
	Salmonella spp	Pode ocorrer contaminação se o equipamento for mal higienizado	Seguir as normas de limpeza do equipamento e monitorar a troca do filtro	ALta	Médio
	Contagem total				Médio
	Staphylococcus coagulase positiva	Não se aplica	Não se aplica	Baixa	Médio
	Químico:				
	Físico:				
	Vidros, metais e pedras	A falta ou a má higienização dos filtros podem contaminar o produto	Seguir as normas corretas de higienização e período de troca dos filtros	Baixa	Médio
Madeira, borracha e plástico				Baixo	
Pragas, pelos e folhas, etc				Baixo	

Fonte: Própria autora

Quadro 4.6 – Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó - Fonte: Própria autora

Etapa do Processo	Perigo	Justificativa de Perigo no processo	Módulos de controle	Severidade	Risco
Resfriamento	Biológico:	O aumento inadequado da temperatura possibilita o desenvolvimento microbiano	Controlar a temperatura da água refrigerante	Baixa	Baixo
	Coliformes				
	Salmonella spp			Alta	Médio
	Contagem total			Baixa	Médio
	Staphylococcus coagulase positiva	Contaminação pode ocorrer pela má higienização do tanque	Seguir BPF de higienização dos tanques	Baixa	Médio
	Químico:	Resíduo de produto de limpeza por má higienização	Seguir BPF de higienização dos tanques	Alta	Médio
	Físico:	Não se aplica			
Aquecimento	Biológico:	Temperatura inadequada pode ocasionar a proliferação de microrganismos	Controle da temperatura de aquecimento	Baixa	Baixo
	Coliformes				
	Salmonella spp			Alta	Médio
	Contagem total			Baixa	Médio
	Staphylococcus coagulase positiva	Pode ocorrer contaminação pela má higienização do equipamento	Seguir BPF de higienização dos tanques	Baixa	Médio
	Químico:	Resíduo de produto de limpeza por má higienização	Seguir BPF de higienização dos tanques	Alta	Médio
	Físico:	Não se aplica			

Quadro 4.7 – Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó - Fonte: Própria autor

Etapa do Processo	Perigo	Justificativa de Perigo no processo	Módulos de controle	Severidade	Risco
Pasteurização	Biológico:				
	Coliformes	Tempo e / ou temperatura da pasteurização errados	Manter o controle do tempo e da temperatura que deve ser de 72 a 75°C por 15 a 20s.	Baixa	Baixo
	Salmonella spp			Alta	Médio
	Bacillus cereus			Baixa	Médio
	Staphylococcus coagulase positiva			Baixa	Médio
	Químico:				
Detergente e sanitizantes	Resíduo de produto de limpeza por má higienização	Seguir BPF de higienização dos tanques	Alta	Médio	
Físico:	Não se aplica				
Secagem	Biológico:				
	Bacillus cereus	A bactéria resistiu aos processos anteriores	Manter sempre ativo na empresa os programas como o APPCC, BPF, etc e verificar o tipo de acondicionamento ideal do pó	Baixa	Baixo
		Pode ocorrer contaminação pela má higienização do equipamento		Alta	Médio
	Químico:				
	Detergente e sanitizantes	Resíduo de produto de limpeza na câmara	Seguir BPF de higienização dos tanques	Baixa	Baixo
Físico:	Alguma sujeira na câmara de secagem ou no recipiente de coleta do leite	Seguir BPF de higienização do secador e recipiente coletor			

Quadro 4.8 – Verificação dos possíveis perigos encontrados no processo de fabricação do leite em pó - Fonte: Própria autora

Etapa do Processo	Perigo	Justificativa de Perigo no processo	Módulos de controle	Severidade	Risco
Peneiramento	Biológico:	Não se aplica			
	Químico: Detergente e sanitizantes	Resíduo de produto de limpeza por má higienização	Seguir BPF de higienização dos tanques	Alta	Médio
	Físico:	Alguma sujeira no equipamento	Seguir BPF de higienização dos tanques	Baixa	Baixo
Embalagem	Biológico:				
	Bacillus cereus	A bactéria resistiu aos processos anteriores	Escolha do tipo de embalagem adequada para a não proliferação da bactéria	Baixa	Baixo
		Pode ocorrer contaminação pela má higienização do equipamento	Seguir BPF de higienização dos tanques	Baixa	
	Químico:	Não se aplica			
	Físico:	Sujeira no silo de armazenamento do pó	Seguir BPF de higienização do silo		Baixo
Estocagem/Expedição	Biológico:	Não se aplica			
	Químico:	Não se aplica			
	Físico:	Variação das características do produto	Armazenamento adequado no estoque Condições de transporte	Média	Médio

Quadro 4.9 – Verificação dos possíveis perigos que podem ocorrer quando o produto não está mais na empresa - Fonte: Própria autora

Etapa do Processo	Perigo	Medidas preventivas	Severidade	Probabilidade	Risco
Cliente	Biológico: <i>Bactérias ou fungos</i>	Seguir as especificações de armazenamento e consumo do produto.	Baixa	Baixa	Baixo
	Químico: Alergênico	Verificar a composição do produto e suas especificações	Baixa	Baixa	Baixo
	Físico:	Não se aplica			

Quando o produto é produzido, embalado, estocado, transportado, comercializado seguindo as normas de segurança alimentar, não apresentará problemas de contaminação por patógenos. Porém, é importante lembrar que mesmo a empresa seguindo todos os cuidados com a qualidade do produto, deixando-o livre de perigos físicos, químicos e biológicos, quando o mesmo sai da empresa para a casa do consumidor (transporte, comercialização e consumidor final), ainda corre risco que ocorra alguma contaminação. No Quadro 4.10 podemos verificar quais medidas os consumidores podem tomar para se protegerem desses perigos, que ainda são de responsabilidade da empresa. Essas informações devem estar contidas no rótulo.

Quadro 4.10 – Medidas para evitar o aparecimento de possíveis perigos, quando o produto já está na casa do consumidor

Medidas preventivas (informações ao consumidor)	
1	Não consumir produtos com a embalagem violada
2	Depois de aberto consumir em até 30 dias
3	Guardar em local seco e arejado e bem fechado

5º etapa – identificação dos Pontos Críticos de Controle (PCC) (princípio 2)

Nessa etapa foi identificado os pontos críticos de controle (PCC) da produção do leite em pó. Foi realizada uma análise com base nos perigos presentes, na gravidade dos agentes e nos riscos que podem causar a saúde humana, para assim, determinar medidas de controle que asseguram a qualidade do leite em pó. Existem os perigos que podem ser controlados pelas boas práticas de fabricação (BPF), e por isso não são considerados PCC e outros, as BPFs, não suprem a necessidade, deixando aqueles processos vulneráveis ao surgimento dos perigos, que só podem ser controlados pelo sistema APPCC, os considerados PCC.

Para facilitar a definição das etapas que são ou não PCC, foi utilizada uma ferramenta conhecida como árvore decisória. Através de perguntas e respostas podemos obter com maior segurança a definição dos PCC. A ferramenta utilizada nesse trabalho é uma adaptação da árvore do Codex Alimentarius, que reúne várias normas de segurança alimentar.

Segundo Santos (2017), para não aplicar a árvore decisória para cada etapa da produção, foi pré-estabelecido que de acordo com as análises dos perigos feita na etapa anterior, o risco Baixo teria valor 1, o médio valor 2 e o alto valor 3, tanto na severidade como no risco, e apenas aqueles que quando multiplicado o valor severidade x risco fosse ≥ 3 iria para a árvore decisória. Quase todas as etapas precisaram ir para a árvore decisória excluindo embalagem, estoque, transporte e comercialização.

A árvore decisória foi aplicada para as outras etapas do processo de produção do leite em pó, podendo ser verificadas no anexo 1. Em alguns casos a árvore foi aplicada mais de uma vez em uma mesma etapa, modificando apenas o possível perigo a ser encontrado.

De todas as etapas da fabricação do leite em pó, percebeu-se que seria um ponto crítico de controle apenas três. A etapa de recepção do leite cru, principalmente ao que diz respeito aos perigos químicos, mais especificamente aos resíduos de antibióticos, presentes em leite de animais que estão em tratamento. Lopes et al. (2018) também concordaram com essa preocupação relacionada à recepção do leite cru, considerando tal etapa como o PCC1. No estudo de Ferreira et al. (2014), foi encontrado alto nível de antibiótico em leite de vaca, podendo causar danos na saúde do consumidor.

A outra etapa considerada o PCC2 é a pasteurização do leite, uma etapa muito importante no processo e as BPF não são capazes de extinguir os perigos sozinhas. É

necessário um controle rígido na temperatura e no tempo de pasteurização do produto, para que o mesmo prossiga o fluxo de produção livre de qualquer perigo indesejado que possa ter chegado nessa etapa, caso a temperatura de 72 a 75 °C pelo tempo de 15 s não sejam atingidos, haverá riscos microbiológicos, com microrganismos não sendo eliminados nesse estágio. É uma das etapas mais importantes do processo quando se fala em segurança alimentar.

De forma semelhante ocorre na secagem do leite que deve ter as condições de operação do secador previamente definidas para que o produto fique com todas as características desejadas. Também responsável por eliminar perigos alimentares, essa etapa deve ser bem monitorada para que o produto não saia com qualquer problema. Desse modo, é considerado o PCC3.

As outras etapas do processo, incluindo o relacionamento do cliente com o produto, não são consideradas como um PCC, pois os perigos que chegam até lá, são corrigidos facilmente com os programas de pré-requisitos (BPF) ou simplesmente não acarretam risco para o consumidor.

Além dessas etapas, também é importante conhecer e analisar a matéria-prima. No caso da fabricação do leite em pó a única matéria-prima do processo produtivo é o leite in natura, que foi analisado no Quadro 4.3 para verificar se ele era ou não um PCC. Foi investigado que, no geral, a matéria-prima não é considerada um PCC, mas a contaminação dela com antibiótico, ela pode ser considerada.

Para a matéria-prima a árvore utilizada foi diferente ao do processo. Utiliza-se uma mais simples, com apenas 3 perguntas.

Quadro 4.11 verificação de possíveis perigos encontrados no leite in natura

Matéria prima	Perigo	Q.1 – O Perigo é controlado no programa de pré-requisitos?	Q.2 – O perigo pode ocorrer em níveis inaceitáveis ?	Q.3 – O processo eliminará ou reduzirá o perigo a um nível aceitável?	É um PCC?
Leite in natura	<i>Biológico:</i>				
	Contagem total de bactérias	Não	Sim	Sim	Não
	Células somáticas	Não	Sim	Sim	Não
	<i>Químico:</i>				
	Medicamentos (antibióticos)	Não	Sim	Não	É um PCC
	Alergênicos (Lactose)	Não	Não		Não
	Detergentes/sanitizantes	Sim			Não
	Reconstituintes de densidade	Sim			Não
	Neutralizantes de acidez	Sim			Não
	Inibidores do crescimento microbiano	Sim			Não
	<i>Físico:</i>				
Corpos estranhos no leite (cabelo, pelo, plástico, vidro, pragas, etc)	Não	Sim	Sim	Não	

6ª etapa - Estabelecimento do limite crítico, monitoramento, registro a ações corretivas (princípio 3)

Observa-se que no processo produtivo do leite em pó, temos 3 pontos críticos de controle. Para o PCC1 (recepção do leite in natura), é necessário fazer análises laboratoriais para confirmar se o leite está apto para prosseguir no processo de produção. Os limites críticos para esse PCC são: acidez: 18 °D, ausência de antibiótico, temperatura de recepção inferior a 7 °C e aparência normal do leite. Já na pasteurização, que é nosso PCC2, verifica-se que o limite crítico desse processo é temperatura (72 a 75 °C) e o tempo que deve ser de 15 a 20 s de processamento. Para o PCC 3 (secagem) o limite crítico são as condições de operação do secador: temperatura de entrada (190 °C), velocidade de atomização (400 Hz).

Se ocorrer algum desvio dos limites estabelecidos, serão tomadas ações corretivas como o reprocessamento do produto (PCC2 e PCC3) ou a recusa do produto pela empresa (PCC1). Além de todo o monitoramento, devem ser realizados e documentados testes periódicos para verificação se o processo está ocorrendo de forma satisfatória.

Para facilitar o entendimento no Quadro 4.12, tem-se um resumo do APPCC, com as etapas consideradas PCC.

Quadro 4.12 Quadro resumo

Etapa/PCC Recepção do leite in natura	
Perigo	<p>Biológico:</p> <p>Coliformes, Salmonella spp, contagem total de bactérias, Staphylococcus Coagulase positiva</p> <p>Químicos:</p> <p>Antibióticos, reconstituintes de densidade, uso de neutralizante e conservantes</p> <p>Físico:</p> <p>Sujeira, pelos, insetos, vidro, metais, etc</p>
Limite crítico	<p>Acidez: 18°D</p> <p>Ausência de antibióticos</p> <p>Temperatura de recepção inferior a 7°C</p> <p>Coloração do leite uniforme esperada (ausência de sangue ou pus)</p> <p>pH de 6,6 a 6,8</p> <p>Ponto crioscópico (-0.530°H até -0.550°H)</p> <p>Densidade (1,028 a 1,034 g/cm³)</p>
Monitoramento ponto	<p>O que monitorar? Acidez, temperatura, coloração e odor do leite, pH, crioscópico e densidade</p> <p>Como? Análises laboratoriais de Acidez, pH, kit para antibiótico e termômetro.</p> <p>Quando? Na recepção do leite</p> <p>Quem? Funcionário responsável pela etapa</p>
Registro do monitoramento	Planilha de controle da recepção do leite
Ações Corretivas	Rejeição do leite, caso alguma das análises seja reprovada
Verificação dos Registros e dos resultados	<p>Coleta de amostras para análises;</p> <p>Controle dos reagentes;</p> <p>Controle dos equipamentos laboratoriais;</p> <p>Auditoria periódica;</p> <p>supervisão</p>

Etapa/PCC Pasteurização	
Perigo	Biológico: Coliformes, Salmonella spp, contagem total de bactérias, Staphylococcus Coagulase positiva
Limite crítico	Temperatura: 72°C à 75°C Tempo: 15 a 20 segundos
Monitoramento	O que monitorar? Temperatura e tempo de pasteurização Como? Acompanhar gráfico de pasteurização, testar válvula de retorno e verificar a temperatura. Quando? A todo início de processo Quem? Funcionário responsável pela etapa
Registro do fosfatase Monitoramento Ações Corretivas reprocesso	Planilha de controle das temperaturas da pasteurização e teste da fosfatase Se a temperatura estiver abaixo do limite crítico deverá ocorrer o automático através das válvulas de retorno
Verificação dos Registros e dos resultados	Teste de fosfatase; Manutenção do equipamento; Higienização do equipamento; Calibração do equipamento

Etapa/PCC Secagem	
Perigo	Biológico: Sobrevivência de alguns microrganismos patogênicos
Limite crítico de água <6%	Temperatura de entrada: 190°C, Rotação do atomizador: 400Hz e teor
Monitoramento	O que monitorar? Temperatura de saída, rotação e a teor de água Como? Termômetro integrado ao equipamento, display do secador com a velocidade e determinador de teor de água Quando? A cada hora Quem? Funcionário responsável pela etapa
Registro do Monitoramento	Planilha de controle das temperaturas de secagem e teor de água
Ações Corretivas	Descartar o leite processado de modo fora dos padrões
Verificação dos Registros e dos resultados	Calibrar os equipamentos; Supervisão do processo Controle da temperatura e teor de água do leite Registro de não conformidade Registro de reclamação de clientes

7ª etapa – Procedimentos de verificação e estabelecimento de documentos e manutenção de registros (princípio 4)

Nessa etapa são criados procedimentos para monitorar o controle dos pontos críticos de controle, por meio de provas e observações programadas.

De acordo com o Codex Alimentarius, monitoramento é o ato de medir ou observar se os limites críticos estão sendo respeitados assegurando que os PCCs estão sob controle.

Na indústria alimentícia, é imprescindível que o monitoramento ocorra de maneira rápida, não sendo eficientes os processos microbiológicos, é preferível métodos físicos e químicos como: observações visuais, análises sensoriais, medições químicas e físicas.

8ª etapa – Estabelecimento de medidas corretivas (princípio 5)

Quando o monitoramento indicar que algum PCC está fora do controle, imediatamente deve-se ter a medida corretiva.

9ª etapa – Estabelecimento dos processos de verificação (princípio 6)

Para comprovação que o sistema APPCC está funcionando de maneira adequada, sugere-se fazer análises laboratoriais como forma de comprovação do nível de qualidade. Também deve-se realizar auditorias internas, sendo importante a revalidação periódica da documentação.

10ª etapa – Estabelecimento dos processos de registro (princípio 7)

Consiste em estabelecer os procedimentos de registros, que foram definidos anteriormente pela equipe APPCC, através de formulários e outros documentos como planilhas que deverão mostrar o que já foi verificado e identificar os itens que ainda faltam serem identificados.

4.5 CONCLUSÕES

Diante do exposto, percebe-se que a produção do leite em pó, possui etapas que demandam cautela. A recepção do leite é uma dessas etapas. É necessário analisar o produto que será internalizado na beneficiadora, principalmente com relação aos perigos químicos, como o excesso medicamentoso, visto que este, não consegue ser controlado nas etapas subsequentes. A segunda etapa que necessita de maior atenção é a pasteurização. Caso ocorra algo de errado nesse processo, os microrganismos podem sobreviver, prejudicando o produto final. É necessário observar se o processo está ocorrendo no tempo e temperatura correta. Por fim, a secagem também deve ser monitorada, já que qualquer modificação nos parâmetros, interfere no produto final. É necessário que sempre ocorra a verificação no equipamento e também sejam feitas as análises do produto final, para assegurar a qualidade do produto.

Assim, com a criação de parte do plano APPCC, espera-se que a empresa, futuramente, complete o plano e implemente-o no processo produtivo, visando a diminuição das possíveis contaminações em todas as etapas de produção do leite em pó. Em suma, a implementação do sistema mencionado contribui para a certificação da empresa que produzirá um produto com maior qualidade e segurança alimentar.

4.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. E., **Elaboração do plano APPCC do processo de soro de leite desnatado concentrado. Tradablho de conclusão do curso de tecnologia em alimentos.** 2019, 75p. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.

ARCANJO, A. H. M.; OLIVEIRA, P. C. S.; MOREIRA, L. C.; JAYME, C. G.; SOARES, A. N.; OLIVEIRA, A. R.; PEREIRA, K. A.; NOGUEIRA, M. A. R. Programa dos seis pontos de controle da mastite em rebanhos leiteiros. **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 78-88, 2017.

ARTILHA-MESQUITA, C. A. F.; STAFUSSA, A. P.; PARAISO, C. M.; RODRIGUES, L. M.; SILVA, L. A. da; SANTOS, S. S.; MADRONA, G. S. Avaliação da gestão da qualidade e suas ferramentas: aplicabilidade em indústria de alimentos de origem animal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e20210111248-e20210111248, 2021.

ANCHUNDIA, Á. I. M.; VELÁSQUEZ, M. G. S. **Diseño de un sistema ACCPP para la producción de chifles en la empresa “El Campeón SA”.** 2019, 72 p. Monografía. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, calceta, 2019.

BARROS, D. M.; MACHADO, E. C. L.; MOURA, D. F. de; FONTE, R. A. B. da; FERREIRA, S. A.O.; BEZERRA, R. S. Aspectos do queijo de coalho com ênfase na importância das Boas Práticas de Fabricação no sistema de produção. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 67-93, 2019.

BERTI, R. C.; SANTOS, D. C. Importância do controle de qualidade na indústria alimentícia: prováveis medidas para evitar contaminação por resíduos de limpeza em bebida UHT. **Atlas de Ciências da Saúde**, v. 4, n. 1, p.23-38, 2016.

BISCOLA, C. Importância da utilização do sistema APPCC para a qualidade e melhoria contínua. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 10, **Anais...CBEP**, 2020. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09272020_180903_5f7106efae38f.pdf Acesso em: 15/01/2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria 46 de 10 de fevereiro de 98.** Diário Oficial da União, 1998.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria 368 de 4 de setembro de 97.** Diário Oficial da União, 1997.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Resolução n.10 de 22 de maio de 2003.** Diário Oficial da União, 2003.

CERVA, C. **Manual de boas práticas na produção de leite em propriedades de Agricultura Familiar do Rio Grande do Sul,** Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. FEPAGRO, Porto Alegre, 2013.

CORDEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Cordex Guidellines. **Higiene dos Alimentos.** Textos Básicos. Organização Pan-Americana da Saúde, 2006. Disponível em: https://acisat.pt/wp-content/uploads/2016/10/codex_alimentarius.pdf. Acesso em: 25/02/2020.

CORRÊA, G. T.; ARCHER, A. B.; PEREIRA, G. K.; VIECILI, J. Uso de procedimentos operacionais padrão (POPs) comportamentais na realização de atividades profissionais. **Revista Psicologia Organizações e Trabalho**, v. 20, n. 2, p. 1011-1017, 2020.

JESUS, E. L. de; BERNDT, F. M.; MENEGUELLI, M.; MUNIZ, I. M. Physical chemical characteristics of cooled raw milk under federal inspection. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. 1-16, 2020

DOMINATO, B. A.; PIERRE, F. C. Proposta de implantação da ferramenta de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) na produção de sorvete no interior do estado de São Paulo. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 1, p. 24-33, 2017.

FERREIRA, A. P.; MACEDO, L. S. O.; ROCHA, T. S.; RAMOS, L. S. N. Resíduos de antibióticos em leite in natura utilizado para processamento em laticínio localizado no município de Teresina-Piauí. **Acta tecnológica**, v. 9, n. 1, p. 9-12, 2014.

FERREIRA, F. S.; MOURA, M. S.; SILVEIRA, A. C. P. Implantação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) em um laticínio de Piumhi-MG. **PUBVET**, v. 5, n. 13, Ed. 160, Art. 1082, 2011.

FLISCH, J. M. V. **Elaboração do plano de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) do processo de produção do queijo reino**. 2016, 128 p, Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e derivados. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

LUZ, A.F. da; OLIVEIRA, L. de. A Implantação das regras de segurança de alimentos como fator de melhoria para a Indústria de Ração Animal. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 4, n. 1, 2019.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37 de 31 de outubro de 2000. **Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra**. DF, n.37.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62 de 26 de junho de 2018. **Métodos Analíticos oficiais para análise microbiológica para controle de produtos de origem animal e água**. DF, n.62.

JALES, D. M. R.; MARQUES, B. C. D. **Elaboração do procedimento operacional padrão (POP) dos ensaios de tração estática e dinâmica da equipe Pegazuls/UFERSA**. 2019, 13 p. Artigo para conclusão de curso. Ciência em Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2019.

LANGONI, H. Qualidade do leite: uma utopia sem um programa sério de monitoramento da ocorrência de mastite bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 620-626, maio. 2013.

LEMES, A. C.; EGEA, M. B.; TAKEUCHI, K. P.; DANESI, E. D. G. Verificação de boas práticas de fabricação e utilização de análise sensorial em indústria processadora de biscoitos. **Uniciências**, v. 22, n. 3, p. 43-46, 2018.

LIMA, F. P.; SELEME, R. Gestão da qualidade na indústria alimentar. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 10, **Anais...CONBREPRO 2020** Disponível em:< https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/08202020_160832_5f3ece2c9d80b.pdf> Acesso em 20 de janeiro de 2021.

LOPES, G. G.; VALIATTI, T. B.; ROMÃO, N. F.; PASSONI, G. P.; SOBRAL, F. D. O. S. Monitoramento dos pontos críticos de controle aplicado no processamento do leite longa vida em indústria de laticínios de Ji-Paraná. **Veterinárias Notícias**, v. 24, n. 2, p. 1-14, 2018.

MADUREIRA, K. M.; GOMES, V.; ARAÚJO, W. P. Características físico-químicas e celulares do leite de cabras Saanen, Alpina e Toggenburg. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 24, n. 1, p. 39-43, 2017.

MENDES, M. R.; MELO, F. J. C.; XAVIER, L. A.; JERONINO, T. B.; MEDEIROS, D. D. Benefícios obtidos com a adoção do sistema APPCC em uma linha de produção de massas em uma indústria de alimentos. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 36, **Anais...ENEP**. João Pessoa, 2016.

MOREIRA, N. B. **Implementação do Sistema de Segurança Alimentar e Gestão da Produção**. 2018, 65 p. Dissertação de mestrado. Engenharia alimentar. Politécnico de Coimbra. Coimbra, 2018.

MURPHY, S. C.; MARTIN, N. H.; BARBANO, D. M.; WIEDMANN, M. Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 12, p. 10128-10149, 2016.

OLIVEIRA, J. **Uso de critérios para avaliação da qualidade microbiológica de um laticínio**. 2016. 52 p. Monografia. Engenharia de Alimentos. Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2016.

OVIEDO, L. R.; SANTOS, E. R. E. dos; CAETANO, L. W.; PEIXOTO, S. C.; SILVA, W. L. da; RHODEN, C. R. B. Padronização de processos em indústria metalmeccânica: caldeiraria, lavagem e tratamento de água residuária. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 21, n. 2, p. 91-101, 2020.

PORTO, J. S. **Implantação de medidas de higiene na ordenha para produção de leite cru de qualidade para médios e pequenos produtores do município de Aquidabã – Sergipe**. 2016, 29 p. Monografia. Tecnologia de Laticínios. Instituto Federal de Educação. Nossa Senhora da Glória, 2016.

QIANQIAN, G.; HARASAWA, H. Fruit deep processing product quality and food safety risk detection scheme based on HACCP system. **Journal of Applied Science and Engineering Innovation**, v. 3, n. 1, p. 13-17, 2016.

QUEIROZ, V. M.; ANDRADE, H. V. Importância das ferramentas da qualidade BPF/APPCC no controle dos perigos nos alimentos em um laticínio. **Cadernos de Pós-Graduação da Faculdades Associadas de Uberaba - FAZU**, v. 1, p. 1-7, 2011.

RIBEIRO NETO, A. C.; BARBOSA, S. B. P.; JATOBÁ, R. B.; SILVA, A. M.; SILVA, C. X.; SILVA, M. J. A.; SANTORO, K. R. Qualidade do leite cru refrigerado sob inspeção federal na região Nordeste. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 5, p. 1343-1351, 2012.

ROCHA, A. O. B.; RAMOS, C. G. S.; CLARINDO, J. G.; ARAÚJO, M. S. Diagnóstico da utilização do sistema APPCC (Análise de perigos e pontos críticos de controle) em uma indústria de leite e derivados. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 4, n. 2, p. 134-159, 2018.

ROSA, J. F.; DOMINGUES, L. S. P.; SILVA, R. H.; LIMA, H. G.; CERESER, N. D. Pontos críticos de contaminação na produção leiteira. **Expressa Extensão**, v. 22, n. 1, p. 90-103, 2017.

ROSSETO, M.; BATISTELLA, V. M. C.; VEIGA, R. L. Análise de perigos e pontos críticos de controle: um estudo de caso em uma propriedade leiteira do Município de Sertão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-11, 2020.

SALES, L. C. de. **Adequação de manual de boas práticas de fabricação, POP´ SE PPHO´ S e capacitação de manipuladores em Laticínio**. 2020, 47 p. Monografia. Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Rondônia, Ariquemes, 2020.

SANGALI, E.; GOETTEMS JUNIOR, E.; MOZER, E.; SCHNEIDER, M. F.; PILETTI, R. **Controle de qualidade do leite: uma abordagem sobre produção, manejo e higiene**. Revista Conexão, n. 5, p. 1-10, 2017.

SANTOS, T. S.; SILVA, E. V. S.; MONTEIRO, A. S.; ROCHA, N. S.; ALVES, L. F. Proposta de melhoria de layout para uma oficina de caminhões por meio da aplicação da metodologia PSL. **Revista LatINO-Americana de Engenharia de Produção**, v. 6, n. 9, p. 133-147, 2018.

SANTOS, A. H.; RUIZ, V. L. A.; KUSHIDA, M. M. Elaboração do plano de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) no processo produtivo de alimentos para cães e gatos. In: Workshop de Inovação, Pesquisa, Ensino e Extensão, 3, **Anais...** São Carlos, SP, 2018 2018.

SENAC/DN. **Guia de elaboração do plano APPCC**, Rio de Janeiro: SENAC/DN, 2001.

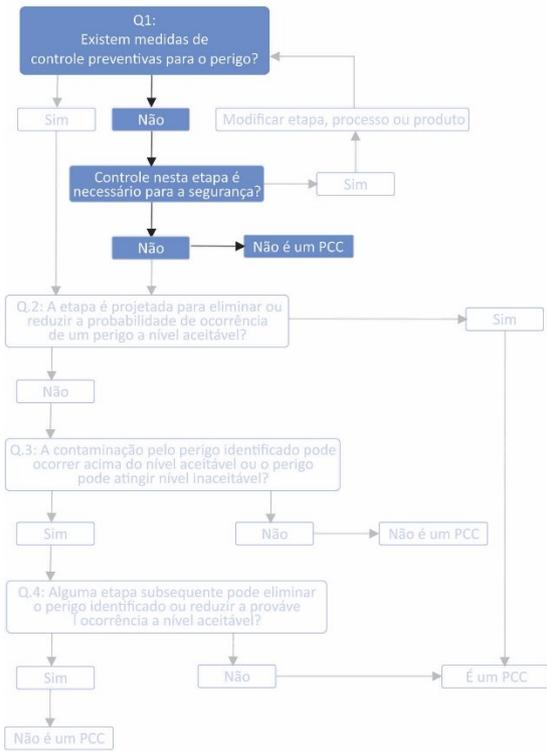
SILVA, V. F.; PIERRE, F. C. Análise das boas práticas de fabricação da indústria leiteira do interior do estado de São Paulo. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 1, p. 34-40, 2017.

THEODORO, A. C.; LIMA, A. L.; DONADON, J. R.; BOGO, D.; CAMPOS, R. P. Boas práticas na fabricação de bombons artesanais e pontos críticos de controle. In: Congresso Internacional da Agroindústria, **Anais...CIAGRO**, 2020.

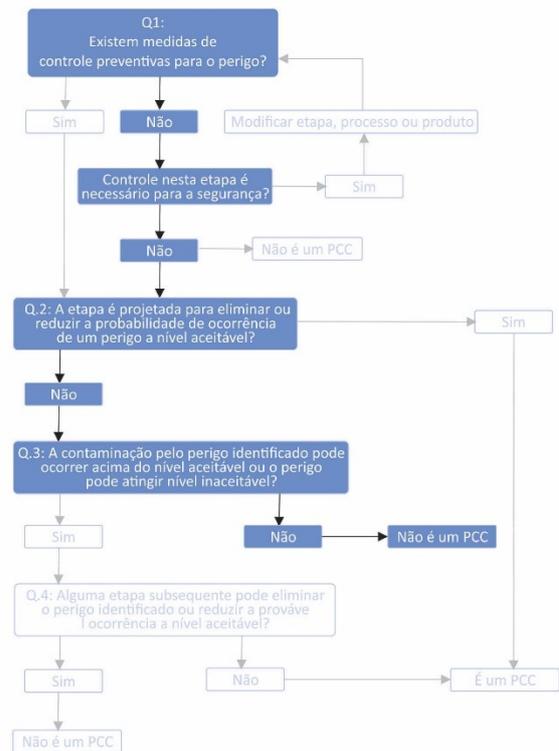
VIEIRA, R. S. de F. **Implantação do sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) em indústrias de polpa de frutas**. 2019, 100 p. Monografia. Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

ANEXOS

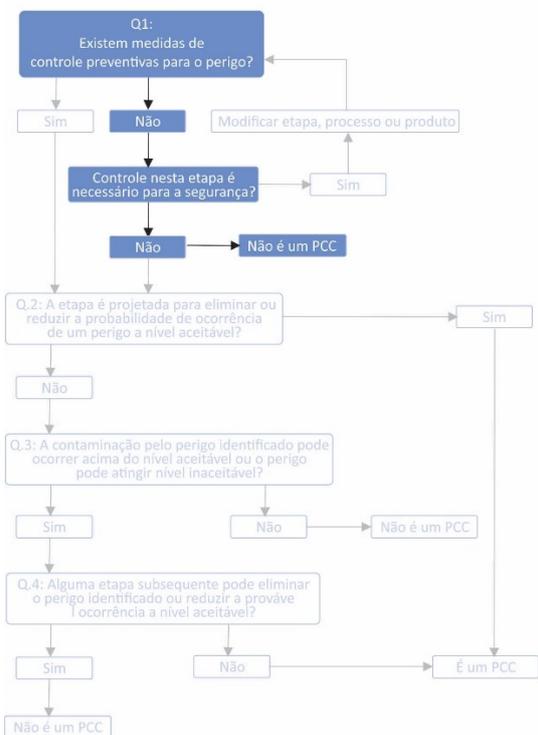
Árvore decisória - Etapa de recebimento da matéria - prima. Perigos Biológicos



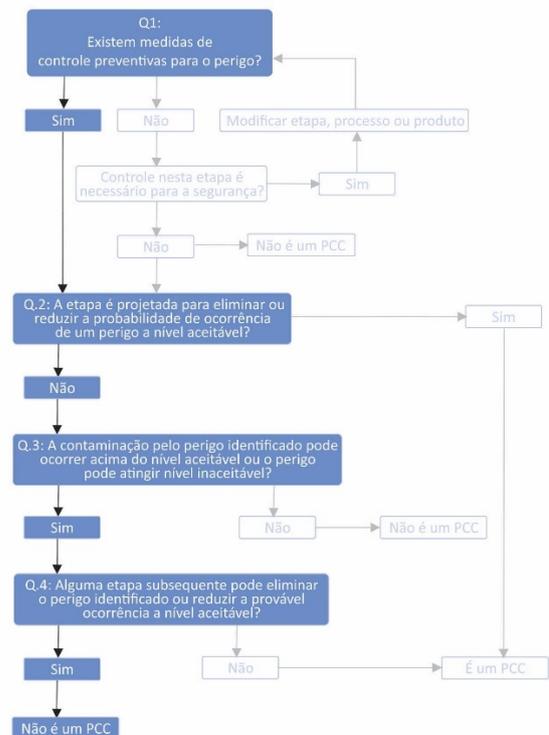
Árvore decisória - Etapa de recebimento da matéria - prima. Perigos Químicos



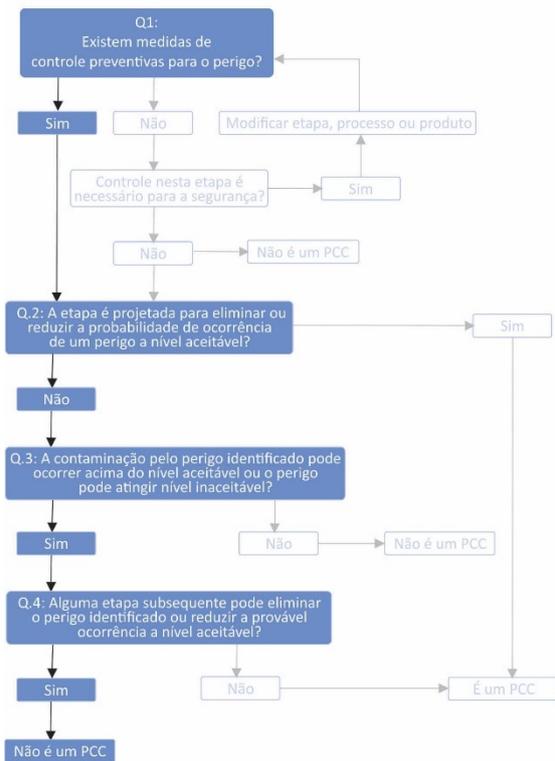
Árvore decisória - Etapa de Filtração. Perigos Biológicos



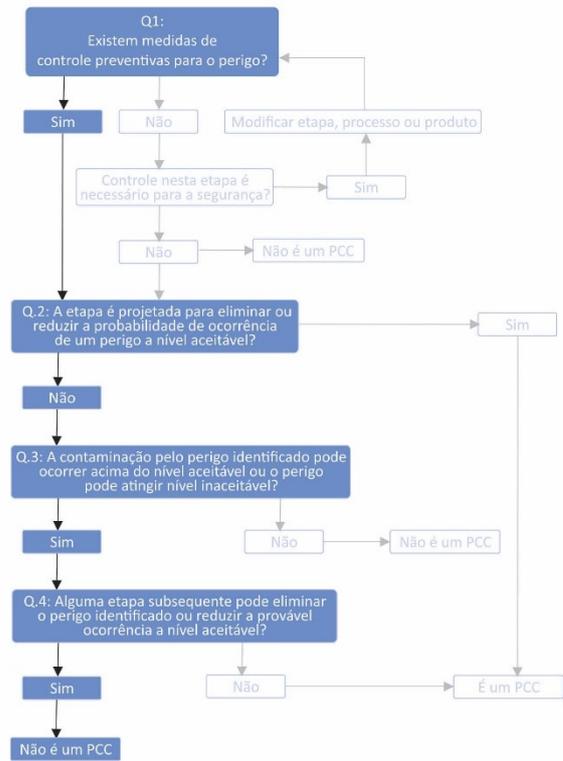
Árvore decisória - Etapa de Filtração. Perigos Físico



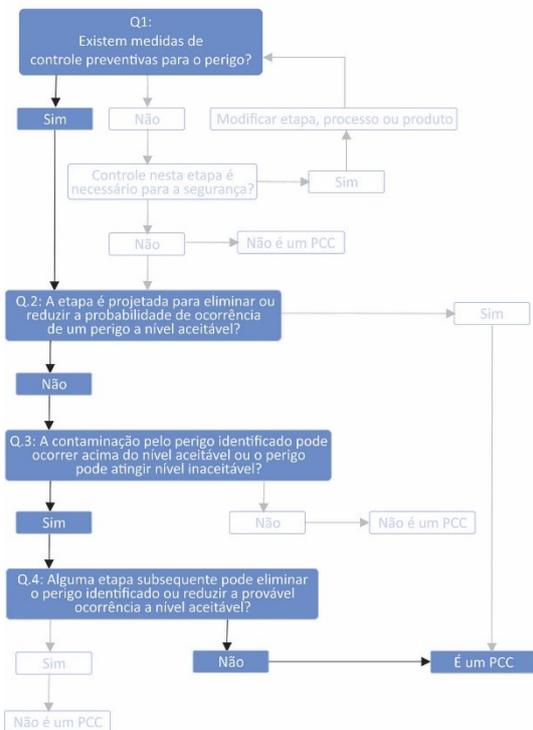
Árvore decisória - Etapa de Filtração. Perigos Biológicos.



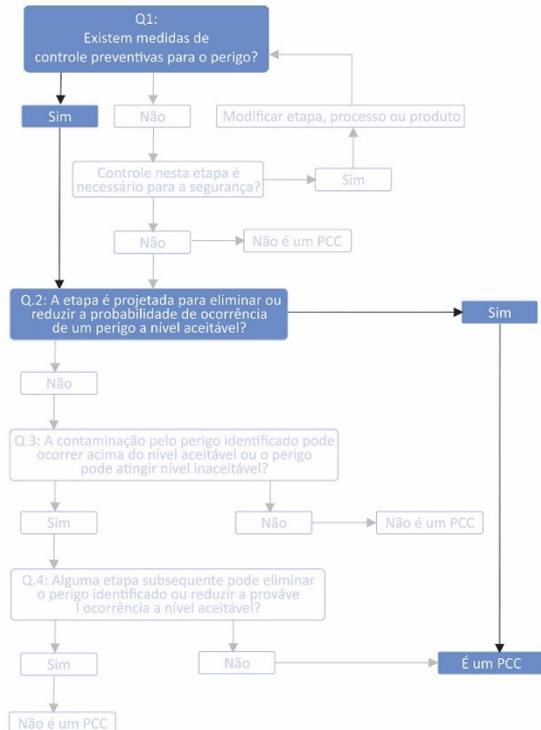
Árvore decisória - Etapa de Aquecimento. Perigos Biológicos



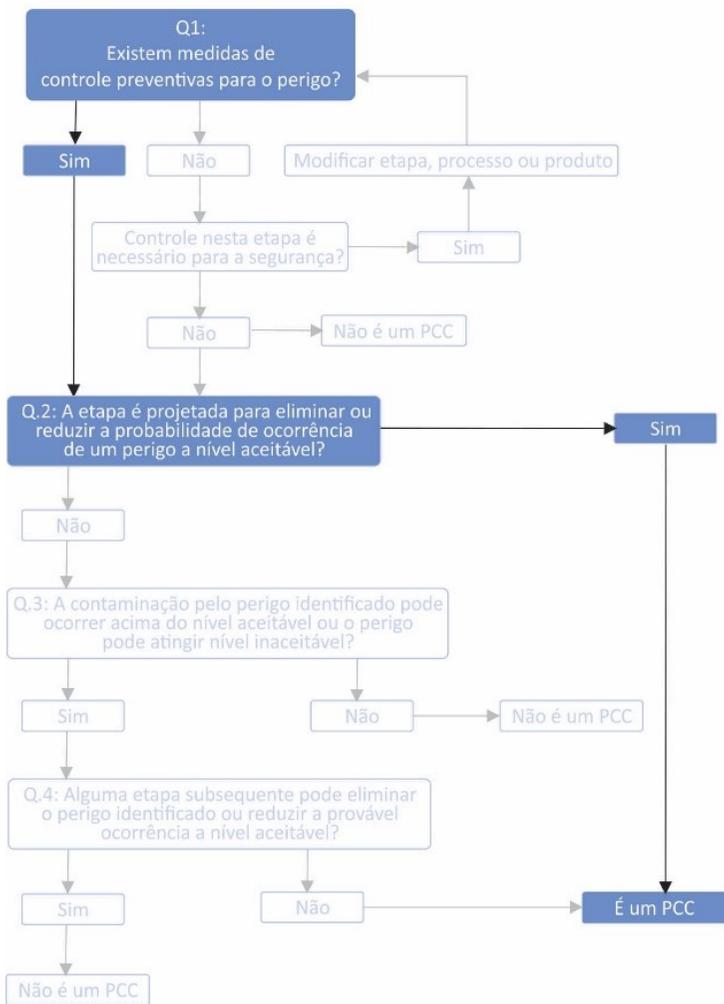
Árvore decisória - Etapa de Pasteurização. Perigos Químicos



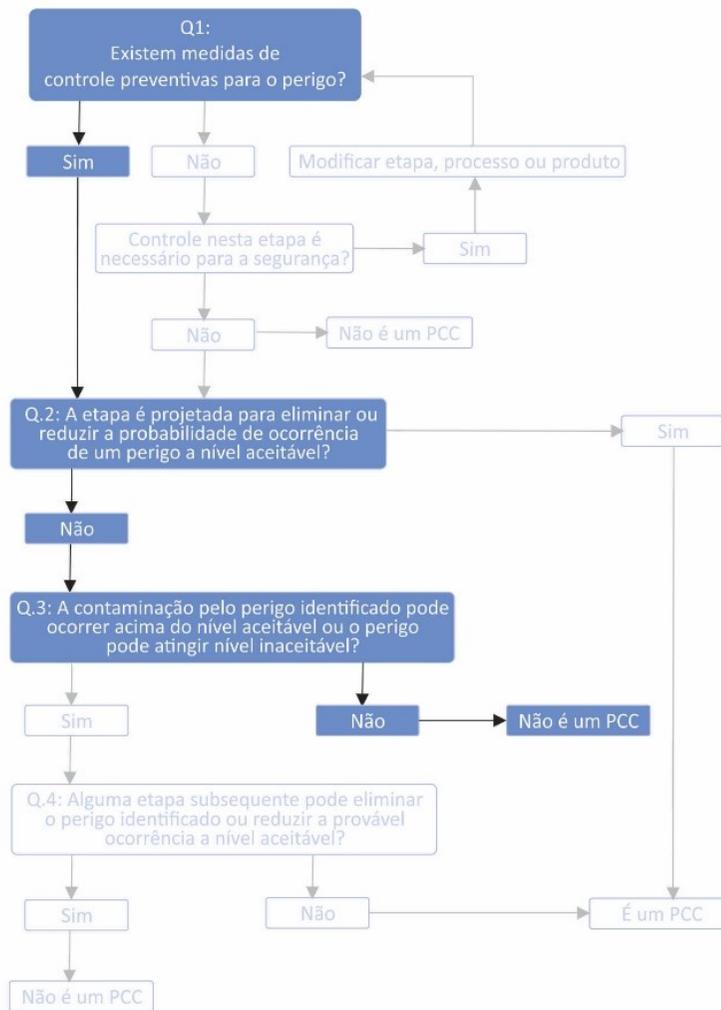
Árvore decisória - Etapa de Pasteurização. Perigos Biológicos.



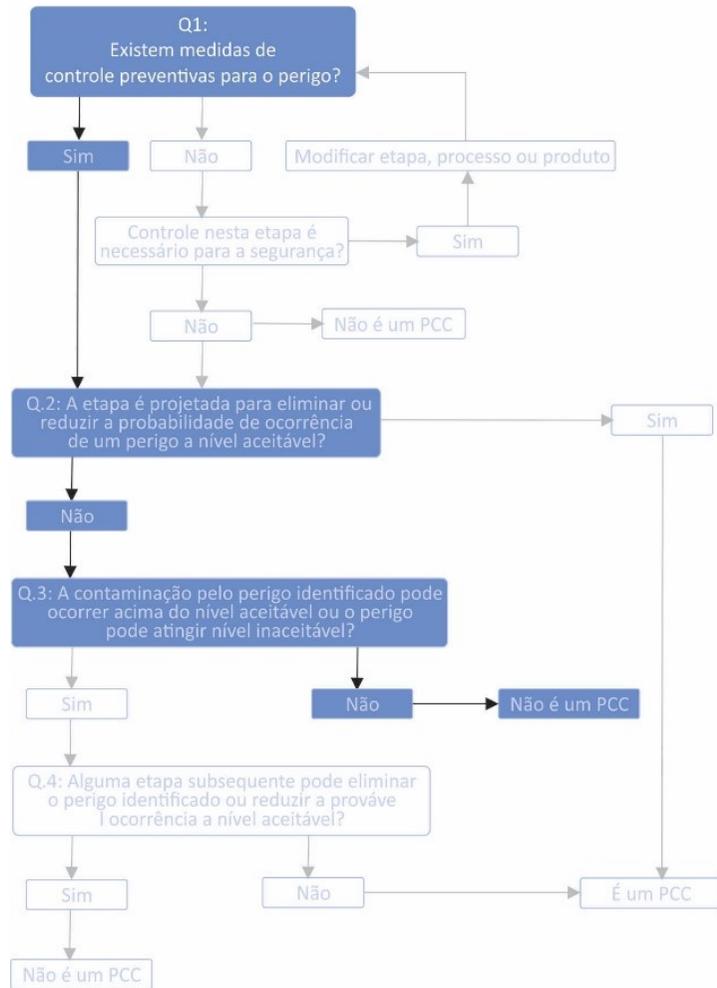
Árvore decisória - Etapa de Secagem. Perigos Biológicos



Árvore decisória - Etapa de Peneiramento. Perigos Químicos/Físicos



Árvore decisória - Etapa de Embalagem. Perigos Biológicos/Físicos



Árvore decisória - Etapa de Estocagem. Perigos Físicos.

