



EDUARDO PEREIRA DOMENEZ

**RELAÇÃO ENTRE AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E A
SECAGEM DO POLVILHO AZEDO E DOCE DE MANDIOCA:
UM ESTUDO DE CASO**

LAVRAS – MG

2022

EDUARDO PEREIRA DOMENEZ

**RELAÇÃO ENTRE AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E A SECAGEM DO
POLVILHO AZEDO E DOCE DE MANDIOCA: UM ESTUDO DE CASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Prof^ª. Dr^ª. Joelma Pereira

Orientadora

Prof^ª. Dr^ª. Carolina Cristina Bicalho Medeiros

Coorientadora

LAVRAS – MG

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Domenez, Eduardo Pereira.

Relação entre as condições climáticas e a secagem de polvilho azedo e doce de mandioca : Um estudo de caso / Eduardo Pereira Domenez. - 2022.

106 p. : il.

Orientador(a): Joelma Pereira.

Coorientador(a): Carolina Cristina Bicalho Medeiros.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Manihot esculenta Crantz. 2. Secagem ao sol. 3. Amido.
I. Pereira, Joelma. II. Medeiros, Carolina Cristina Bicalho. III.
Título.

EDUARDO PEREIRA DOMENEZ

**RELAÇÃO ENTRE AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E A SECAGEM DO
POLVILHO AZEDO E DOCE DE MANDIOCA: UM ESTUDO DE CASO**

**RELATIONSHIP BETWEEN WEATHER CONDITIONS AND SOUR AND
CASSAVA STARCH'S DRYING: A CASE STUDY**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 24 de junho de 2022

Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves UFLA

Dr. Luan Alberto Andrade UFLA

Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho EMBRAPA

Prof^a. Dr^a. Joelma Pereira

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Carolina Cristina Bicalho Medeiros

Coorientadora

LAVRAS – MG

2022

Aos meus pais
Aos meus amigos
Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Roberto e Marta e ao meu irmão Lucas, por todo carinho, apoio e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realizar esse curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À professora Joelma Pereira, pela amizade, parceria e orientação durante todo esse período.

À professora Carolina Cristina Bicalho Medeiros, pela coorientação e disposição de dividir seu conhecimento.

Ao doutor Raul Antônio Viana Madeira, por toda a ajuda em tirar minhas dúvidas sobre polvilho e ajudar a enriquecer este trabalho.

Ao professor doutor José Guilherme Lembi Ferreira Alves e aos doutores Carlos Wanderlei Piler de Carvalho e Luan Alberto Andrade, pela disponibilidade, sugestões e participação na banca examinadora.

Aos amigos do Laboratório de Grãos e Cereais (LGC) e do Núcleo para Estudos de Panificação e Amidos (NEAPAN) Ana Alice, Carol, Dandara, Simara, Camila, Jayanne, Luíza, Isabela, Lucas, Sandy, Bruna, Nathan, Gabriel, Raí, Priscila, Adriana, Patrícia, e tantos outros, pela amizade, apoio e momentos de descontração.

Aos meus grandes amigos Ester, Arthur, Gustavo, Pedro e Andressa, por todo apoio, incentivo, conselhos e puxões de orelha durante todo esse caminho.

A todos que participaram direta e indiretamente na realização deste trabalho e que torcem por mim.

Muito obrigado.

“Close my eyes and tell myself
that my dreams will come true
There'll be no more darkness
when believe in yourself
you are instoppable
don't stop me now, the moment of truth
I was born to make history”
Dean Fujioka – History Maker

RESUMO

O polvilho é um produto da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), sendo o principal ingrediente do pão de queijo, iguaria tradicional do estado mineiro que já conquistou o mercado internacional. Ele pode ser conhecido como polvilho doce ou polvilho azedo, sendo o último fermentado. O polvilho tradicional é seco ao sol, o que ocorre a céu aberto. Portanto, é importante conhecer a influência dos atributos climáticos nesse processo. O objetivo do presente trabalho foi estudar a relação entre esses atributos climáticos com os parâmetros físico-químicos e tecnológicos dos dois tipos de polvilhos. Foram utilizados dados de dois anos de uma empresa produtora de polvilho da cidade de Formiga (MG), cruzados com os dados climáticos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) à mesma época. Foram avaliados a correlação entre as variáveis volume específico, pH, acidez titulável, temperatura média, amplitude térmica, umidade relativa do ar média, radiação e precipitação. Gráficos de dispersão foram elaborados para a observação dos lotes. Além disso, houve uma proposta de equação de regressão para o volume específico para ambos os polvilhos. A prática dessa empresa em usar os dados do INMET para previsão de chuva mostrou-se acertada, concentrando a secagem do polvilho em dias propícios a esse processo. O volume específico do polvilho doce não teve nenhuma correlação com os demais atributos, demonstrando a possibilidade de estabelecer um padrão sem a exigência de se conhecer os atributos climáticos. Para o polvilho azedo, notou-se correlação do volume específico com a temperatura média, radiação, umidade relativa do ar média e amplitude térmica, indicando que o volume específico é favorecido com a extensão da secagem, para a realização das reações fotoquímicas. Observou-se nos diagramas de dispersão que os lotes mais discrepantes foram obtidos principalmente por secagens feitas em dias de clima atípico, como dias chuvosos ou de radiação elevada. Não foi possível desenvolver uma equação do volume específico em função das condições climáticas para o polvilho doce, mostrando que o volume específico não dependeu das demais variáveis. Enquanto isso, o polvilho azedo teve como variáveis significativas pH, acidez titulável, temperatura média e radiação, com valor de R^2 de 0,48. Por fim, ao utilizar o padrão interno de classificação e padronização da empresa, foi observado que cerca de um terço dos lotes de polvilho azedo estavam fora desse padrão, sendo necessários ajustes e maior controle da fermentação e do tempo de secagem.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz. Secagem ao sol. Amido. Volume específico.

ABSTRACT

Starch is a product of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), being main ingredient of “*pão de queijo*”, a traditional delicacy of the state of Minas Gerais (Brazil) that has already conquered international market. It can be fermented (sour cassava starch) or not. Traditional cassava starch is dried in the sun, which takes place in the open. Therefore, it is important to know the influence of climatic attributes in that process. The objective of the present work was to study the relationship between those climatic attributes and the physical-chemical and technological parameters of the two types of starches. Two-year data from a starch company in the city of Formiga (MG) were used, crossed with climatic data provided by the National Institute of Meteorology (INMET) at the same time. Correlation between variables (specific volume, pH, titratable acidity, average temperature, thermal amplitude, average relative humidity, radiation and precipitation) were evaluated. Scatter plots were created to observe the lots. In addition, there was a proposal for a regression equation for the specific volume for both starches. The practice of that company in using INMET data for rain forecasting proved to be correct, concentrating the drying of the starch on days favorable to that process. Specific volume of cassava starch didn't have correlation with the other attributes, demonstrating possibility of establishing a standard without need to know climatic attributes. For sour cassava starch, there was a correlation of the specific volume with the average temperature, radiation, average relative humidity and thermal amplitude, indicating that specific volume is favored with the extension of drying, for carrying out photochemical reactions. It was observed in scatter diagrams that most discrepant lots were obtained mainly by drying done on days of atypical climate, such as rainy days or high radiation. It was not possible to develop an equation of the specific volume as a function of the climatic conditions for cassava starch, showing that the specific volume did not depend on the other variables. Meanwhile, sour cassava starch had pH, titratable acidity, average temperature and radiation as significant variables, with an R^2 value of 0.48. Finally, when using the company's internal classification and standard, it was observed that about a third of the sour cassava starch lots were outside that standard, requiring adjustments and greater control of fermentation and drying time.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz. Sun drying. Starch. Specific volume.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais compradores das produções de fécula e derivados em 2021.....	25
Figura 2 – Fluxograma do processo geral de fabricação de polvilho doce e polvilho azedo ...	27
Figura 3 – Polvilho de mandioca secando em jiraus	28
Figura 4 – Esquema do mecanismo da modificação química do polvilho azedo.....	32
Figura 5 – Efeito da radiação em polímeros de amido, mostrando possível degradação e ligação das cadeias de amido.....	33
Figura 6 – Distribuição de energia emitida pelo sol.....	34
Figura 7 – Exemplo de estação meteorológica automática	38
Figura 8 – Esquema de telecomunicação da estação automática até o Instituto Nacional de Meteorologia	39
Figura 9 – Lotes produzidos mensalmente de polvilho doce e azedo, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020	46
Figura 10 – Produção mensal, em toneladas, de polvilho doce e azedo, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	47
Figura 11 – Climograma de Formiga (MG), com precipitação acumulada média e temperaturas mínima e máxima mensais no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	48
Figura 12 – Condições climáticas durante as datas de secagem do polvilho na cidade de Formiga (MG), durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	49
Figura 13 – Mapa de correlação entre as variáveis analisadas para polvilho doce	51
Figura 14 – Histograma de distribuição do volume específico nos lotes produzidos de polvilho doce seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	53
Figura 15 – Histograma de distribuição do pH nos lotes produzidos de polvilho doce seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	54
Figura 16 – Diagrama de dispersão de dados do pH em função da acidez titulável determinada nos lotes de polvilho doce secos ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	55
Figura 17 – Histograma de distribuição da acidez titulável nos lotes produzidos de polvilho doce seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	56
Figura 18 – Diagrama de dispersão de dados da acidez titulável em função da radiação, no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	57

Figura 19 – Diagrama de dispersão de dados da temperatura média de secagem em função de a) umidade relativa do ar média, e b) radiação, no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	58
Figura 20 – Diagrama de dispersão de dados da amplitude térmica de secagem em função da umidade relativa do ar, no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	59
Figura 21 – Diagrama de dispersão de dados da umidade relativa do ar média com a radiação no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	60
Figura 22 – Mapa de correlação entre as variáveis analisadas para polvilho azedo	61
Figura 23 – Histograma de distribuição do volume específico nos lotes produzidos de polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	63
Figura 24 – Diagrama de dispersão de dados do volume específico em função de a) temperatura média, b) amplitude térmica, c) umidade relativa do ar, e d) radiação, na secagem ao sol do polvilho azedo, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020	64
Figura 25 – Histograma de distribuição do pH nos lotes produzidos de polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	65
Figura 26 – Diagrama de dispersão de dados do pH em função de a) acidez titulável, b) temperatura média, c) amplitude térmica, d) umidade relativa do ar, e e) radiação, no polvilho azedo seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	66
Figura 27 – Histograma de distribuição da acidez titulável nos lotes produzidos de polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.	67
Figura 28 – Gráfico de dispersão de dados da acidez titulável com radiação do polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	69
Figura 29 – Diagrama de dispersão de dados da temperatura média em função de a) umidade relativa do ar, e b) radiação, na secagem ao sol do polvilho azedo, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	70
Figura 30 – Diagrama de dispersão de dados da amplitude térmica com a umidade relativa do ar média no polvilho azedo seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	71

Figura 31 – Diagrama de dispersão de dados da umidade relativa do ar média com a radiação no polvilho azedo seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.....	72
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais modificações químicas e físicas em amidos utilizados na indústria de alimentos, suas principais características e aplicações.....	23
Tabela 2 – Produção de fécula e derivados no Brasil no ano de 2021	24
Tabela 3 - Etapas da extração de polvilho e equipamentos utilizados na extração	26
Tabela 4 – Produtos comercializados pela Empresa X	41
Tabela 5 – Normas internas de padronização e classificação dos produtos na Empresa X	44
Tabela 6 – Estimativas para os parâmetros do modelo de regressão para polvilho doce e polvilho azedo.....	73
Tabela 7 – Dados de polvilho doce fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua).....	83
Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua).....	85
Tabela 9 – Variáveis estatísticas dos dados de polvilho doce fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET.....	105
Tabela 10 – Variáveis estatísticas dos dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET.....	106

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

ABAM	Associação Brasileira de Produtores de Amido de Mandioca
ABIMAPI	Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados
AmpT	Amplitude térmica
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AT	Acidez titulável
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Prec	Precipitação pluvial
R ²	Coefficiente de determinação
Rad	Radiação solar global
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
TM	Temperatura média do ambiente
UR (%)	Umidade relativa do ar média
UP	Umidade final do produto
UV	Raio ultravioleta
UVA	Raio ultravioleta tipo A
UVB	Raio ultravioleta tipo B
UVC	Raio ultravioleta tipo C
VE	Volume específico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo geral	18
2.2	Objetivos específicos	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	Importância do polvilho na indústria de alimentos.....	19
3.2	Polvilho.....	21
3.2.1	Definição.....	21
3.2.2	Números da indústria de fécula de mandioca e seus derivados.....	23
3.2.3	Produção de polvilho doce.....	25
3.2.4	Produção de polvilho azedo.....	27
3.2.5	A fermentação do polvilho azedo	29
3.2.6	Importância da secagem ao sol para o polvilho.....	31
3.3	Condições climatológicas de secagem do polvilho	37
3.3.1	Caracterização climática	37
3.3.2	Estações meteorológicas automáticas.....	37
3.3.3	Parâmetros meteorológicos.....	39
4	MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1	Local do experimento	41
4.2	Processamento das raízes de mandioca	42
4.3	Dados coletados	42
4.4	Análises realizadas.....	43
4.5	Classificação interna dos polvilhos pela Empresa X.....	43
4.6	Atributos meteorológicos.....	44
4.7	Análise estatística	45

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1	Características da produção e do clima	46
5.2	Polvilho doce	50
5.2.1	Análise do volume específico	52
5.2.2	Análise do pH	54
5.2.3	Análise da acidez titulável	56
5.2.4	Análise dos atributos meteorológicos	58
5.3	Polvilho azedo	61
5.3.1	Análise do volume específico	62
5.3.2	Análise do pH	65
5.3.3	Análise da acidez titulável	67
5.3.4	Análise dos atributos meteorológicos	70
5.4	Proposta de modelo de regressão para o volume específico dos polvilhos	72
6.	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – DADOS COLETADOS	83
	APÊNDICE B – VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS.....	105

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um importante alimento vegetal rico em amido cultivado em praticamente todo o Brasil. De origem latino-americana, seu consumo pode ser *in natura* ou na forma de seus diversos produtos, como farinhas, amidos, tucupi, tiquira, entre outros. Os produtos amiláceos provenientes dessa raiz são polvilho doce, polvilho azedo, goma, tapioca, fécula ou amido e o amido modificado.

O polvilho é o amido de mandioca seco ao sol, sendo o principal ingrediente na fabricação de biscoito de polvilho e pão de queijo, este último com suas origens mineiras. Sua produção consiste em basicamente lavar, descascar e desintegrar as raízes, retirar as fibras, concentrar e secar o amido ao sol. Ele pode ser de dois tipos, diferenciando-se se o polvilho foi fermentado (polvilho azedo) ou não (polvilho doce). Para se obter a qualidade encontrada nos pães de queijos tradicionais das fazendas do interior do estado de Minas Gerais, é necessário a utilização do polvilho azedo ou mistura entre de polvilho doce e azedo, produtos ambos secos ao sol.

O polvilho possui a propriedade única de expansão ao forno, sem a necessidade de fermentos ou extrusão, sendo essa característica específica dos amidos de mandioca secos ao sol. Apesar de que o polvilho azedo tende à maior expansão do que o polvilho doce, essa afirmação não é tão simples assim, havendo de considerar muitas variáveis, como o cultivar da mandioca, o sistema de produção dos polvilhos, condições de secagem, dentre outros.

Com o início da expansão da produção e comercialização do pão de queijo tanto no mercado interno quanto externo, ainda há grande dificuldade em entender essas peculiaridades do polvilho, justamente por causa da secagem ao sol, conseqüentemente sendo feita ao ar livre. Como é cobrado em alimentos o fator higiene, isso não pode ser controlado na secagem a céu aberto. Outros complicadores na produção, principalmente para o polvilho azedo, são a demora em sua fabricação, podendo levar mais de 60 dias devido à fermentação, e a dependência das condições climáticas para a secagem, que deve ocorrer dentro de um a dois dias.

Para contornar essas dificuldades, as indústrias optaram pela utilização de amido de mandioca modificado, que não requer nem a fermentação nem a secagem ao sol. E com isso, mesmo em indústrias brasileiras, são comercializados e utilizados amidos modificados com rotulagem de polvilho e ainda polvilho azedo. Isso acontece porque a lei que regulamentava e

definia polvilhos doce e azedo foi revogada (Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA nº 12, de 1978) (BRASIL, 1978).

Atualmente, a legislação vigente não esclarece o que é polvilho doce e o que é polvilho azedo. A Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005a), apenas esclarece que “Amidos são produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas”. E, ainda sobre amido ou fécula de mandioca definiu como umidade máxima 18% ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$).

Um dos problemas que a indústria brasileira enfrenta é como otimizar a produção de polvilho, visando a continuação da produção de pão de queijo tradicional e até mesmo garantir a demanda por polvilhos doce e azedo que o mercado internacional vem demandando nesses últimos anos.

Quanto à fermentação, alguns lugares utilizam certos procedimentos para acelerar o processo, contudo, para a secagem não há como realizar essa otimização. O grande desafio é essa dependência da secagem ao sol, e, para isso, é necessário conhecer o papel dessas condições climáticas durante a secagem e a sua interferência na qualidade do polvilho, visando principalmente a produção de pão de queijo. Produto este que vem crescendo muito no comércio exterior, devido ao grande número de brasileiros que moram fora do país e pelos adeptos estrangeiros que essa iguaria alcançou.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Relacionar as características de qualidade do polvilho doce e do polvilho azedo, produzidos na região de Formiga - MG, com as condições climáticas durante a etapa de secagem dos polvilhos.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a produção e o clima durante a secagem de polvilho doce e polvilho azedo;
- Correlacionar as propriedades físico-químicas e as características climáticas da produção de polvilho doce e do polvilho azedo;
- Propor uma equação que relacione o volume específico com as demais variáveis, para ambos os polvilhos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importância do polvilho na indústria de alimentos

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma importante e tradicional cultura agrícola rica em amido, sendo cultivada em praticamente todo o território brasileiro (APLEVICZ; DEMIATE, 2007). Sua comercialização pode ser na sua forma *in natura* ou na forma de diversos produtos, como farinhas e amidos. Os produtos amiláceos provenientes dessa raiz são fécula ou amido, polvilhos (amidos seco ao sol), goma, tapioca, fécula ou amido e o amido modificado. Dentre estes, o amido fermentado e seco ao sol (polvilho azedo) destaca-se por seu sabor característico e a propriedade de expansão ao forno, sem a necessidade de fermentos ou extrusão (CEREDA; BRITO, 2019; OLIVEIRA, 2019), sendo o principal ingrediente do biscoito de polvilho e do pão de queijo.

Durante os últimos dez anos, aproximadamente, o polvilho deixou de ser um produto regional para ser a principal matéria-prima na fabricação de pão de queijo em larga escala. Esse alimento, que se encontrava somente em padarias, conquistou lojas especializadas com diversos recheios e sabores, aumentando muito seu consumo (CEREDA; BRITO, 2019). Sendo uma massa assada composta de polvilho (doce ou azedo, ou mistura dos dois), queijo, água, gordura e sal, podendo conter ainda ingredientes como ovos e leite (PEREIRA, 2001), o pão de queijo tem como origem provável as fazendas mineiras, surgindo como alternativa à farinha de trigo de má qualidade, no século XVIII (CUSTODIO, 2021).

No início da década de 1990, o presidente mineiro Itamar Franco ajudou a difundir essa iguaria para todo o território nacional (HOUCK, 2016). No período em que ocupou a Presidência da República (1992-1994), seu grupo político ficou conhecido como “República do pão de queijo”, além que em todas suas reuniões haviam esse alimento (HOUCK, 2016; WERNECK, 2008).

Atualmente, o pão de queijo junto com outros alimentos tipicamente brasileiros, como água de coco, açaí e leite condensado, são considerados como produtos do “mercado da saúde”, termo usado para a distribuição para brasileiros no exterior. Esses produtos são destinados a países como Portugal, Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, China, Japão e países da América Latina (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS,

MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS - ABIMAPI, 2020; ALLOG, 2020; APEX-BRASIL, 2018). Além dos brasileiros no exterior, o consumo de pão de queijo por estrangeiros tem aumentado por diversos fatores, como o contato com o alimento durante a Copa do Mundo de Futebol FIFA de 2014 e as Olimpíadas no Rio de Janeiro de 2016. O aumento das vendas de produtos congelados durante a pandemia de COVID-19 também aumentou o consumo de pão de queijo, além da procura por alimentos sem glúten (ABIMAPI, 2020; APEX-BRASIL, 2015; MANIERO, 2022; VEJA, 2016). Outras estratégias para atrair a atenção de estrangeiros são a parceria com cinemas, hotéis e *foodtrucks* para servir essa iguaria (ERNESTO, 2018).

O pão de queijo pode ser exportado na forma de mistura pronta e congelados, além da exportação dos ingredientes. Apex-Brasil (citado por FLORES, 2018) contabilizou a exportação de cerca de 19,6 milhões de dólares em pão de queijo em 2017. Segundo os dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC, 2022), somaram-se, em 2021, 68 milhões de dólares e 97 mil de toneladas em exportação de misturas e pastas para preparações de padaria e pastelaria, crescimento de 46% e 63%, respectivamente, em relação ao ano anterior. Não foram relatados índices específicos para pão de queijo ou polvilhos.

Também existem as indústrias que fabricam pão de queijo no exterior. Contudo, elas possuem dois grandes obstáculos à produção em larga escala: o queijo e o polvilho. A dificuldade da importação de queijo Minas curado pode levar os produtores a substituir o queijo, usando uma mistura de *cheddar* e parmesão, como nos Estados Unidos, ou lançar mão de adaptações culturais, como a agregação de queijo *gruyère* na Suíça (HOUCK, 2016; MANIERO, 2022).

Por outro lado, o polvilho confere ao pão de queijo tradicional do interior características únicas de expansão e sabor, não podendo ser substituído, sendo necessária sua aquisição do Brasil. As dificuldades na obtenção de polvilho passam pela grande quantidade requerida (HOUCK, 2016), além da falta de padronização do produto. Outro problema enfrentado é o longo tempo para a sua fabricação. No caso do polvilho azedo, pode levar mais de 60 dias devido à fermentação, além da dependência das condições climáticas para a secagem feita ao sol, que tende a ocorrer dentro de um a dois dias.

Enquanto para a fermentação do polvilho alguns fabricantes usam métodos de cultura *starter* para iniciar rapidamente o processo (DINIZ, 2006), na secagem não há como otimizar essa etapa. O grande desafio é a dependência da secagem ao sol e, para isso, é necessário

conhecer o papel das condições climáticas durante a secagem e a sua interferência na qualidade do polvilho.

3.2 Polvilho

3.2.1 Definição

A legislação brasileira define amido como “produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, raízes, tubérculos e rizomas”. A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 263 da ANVISA, promulgada em setembro de 2005, ainda diz que o amido de raízes, tubérculos e rizomas pode ser chamado também de fécula. Além disso, a umidade máxima de amido de mandioca foi estabelecida em 18% (g 100 g⁻¹) (BRASIL, 2005a).

O amido é a principal fonte de carboidratos nas plantas superiores. Ele é basicamente constituído de dois polímeros de glicose: amilose e amilopectina (BEMILLER; WHISTLER, 2009). A amilose é um polissacarídeo praticamente linear, composto de glicose ligadas por ligações α -1,4. Enquanto a amilopectina é altamente ramificada, com ligações α -1,4 e α -1,6 nas ramificações. Eles estão alinhados de forma radial em torno de um único ponto (hilo), formando um grânulo semicristalino. Este grânulo pode ter formas e tamanhos diferentes, conforme sua fonte botânica (CEREDA, 2001).

O amido ou fécula de mandioca possui grânulos lisos e esféricos, variando entre 4 μ m e 35 μ m, e com cerca de 18 % de amilose (BEMILLER; WHISTLER, 2009). Ele é um pó fino, branco, sem odor nem sabor, que produz leve crepitação quando espremido entre os dedos (NEVES *et al.*, 2017). Já o polvilho doce é tecnicamente idêntico ao amido de mandioca, apesar de que comercialmente o polvilho doce é considerado o produto obtido por secagem ao sol, processado em menor escala e em unidades de processamento mais simples, enquanto a fécula é seca em secador industrial e em maior escala. Com o polvilho doce, é possível obter diversos produtos, como sagu, alimentos infantis, cremes, molhos, sopas, entre outros (NEVES *et al.*, 2017).

O polvilho azedo, outro derivado da fécula de mandioca, é encontrado em praticamente todos os países da América Latina. Pode ser denominado em outras línguas como *amidon aigre* (francês), *sour starch* (inglês) ou *almidon agrio* (espanhol) (CEREDA; VILPOUX, 2003). É

um amido oxidado e fermentado, cujas modificações alteram as características do amido, favorecendo a expansão ao forno dos produtos processados, sem a necessidade de leveduras ou extrusão. Produtos que utilizam esse polvilho são misturas para pão de queijo, biscoitos e produtos sem glúten (NEVES *et al.*, 2017). Contudo, o termo “polvilho” foi omitido pela RDC nº 263 de 2005. Sem uma definição na legislação brasileira, as indústrias podem substituir o polvilho por outros derivados amiláceos de mandioca, como fécula de mandioca modificada quimicamente e amido pré-gelatinizado (MADEIRA, 2017).

Em dezembro de 2005, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos Derivados da Raiz de Mandioca foi implementado por meio da Instrução Normativa nº 23 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Esta classifica tapioca e fécula utilizando parâmetros como fator ácido, pH, teor de amido, cinzas e umidade (BRASIL, 2005b). No entanto, não há novamente menção ao polvilho ou mesmo amido modificado, além de diminuir o teor de umidade para menor que $14 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, contrariando o limite estabelecido pela RDC nº 263 (MADEIRA, 2017), causando confusão entre os produtores sobre qual legislação seguir.

Amidos modificados são aqueles amidos naturais que passaram por alguma modificação para adquirir uma nova propriedade específica requerida pela indústria (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003). Esses amidos podem ser modificados principalmente por processos enzimáticos, físicos e químicos, conforme apresentado na Tabela 1. A Instrução Normativa nº 259 da ANVISA, de setembro de 2002, entendeu que amidos nativos e modificados por meios físicos e enzimáticos sejam chamados de simplesmente “amido” na rotulagem de alimentos embalados. Por outro lado, “amidos modificados” são considerados os amidos modificados quimicamente (BRASIL, 2002). Desse modo, os alimentos que possuem polvilho em suas formulações devem indicá-lo em sua lista de ingredientes com a denominação “amido” (MADEIRA, 2017).

Tabela 1 - Principais modificações químicas e físicas em amidos utilizados na indústria de alimentos, suas principais características e aplicações.

Tipo	Modificação	Principais características	Aplicação
Química	Ácidos	Géis rígidos e claros	Bala de goma
	Fosfatados	Estabilidade a congelamento/ descongelamento	Produtos congelados e sorvetes
	Intercruzados	Estabilidade a altas temperaturas e baixos pH	Alimentos ácidos e esterilizados
	Oxidado	Baixa tendência a retrogradação	Recheios macios de balas e produtos empanados
	Acetilado	Agente de turbidez	Bebidas e molhos para saladas
Físico	Pré-gelatinizado	Solubilidade a frio	Preparados instantâneos e alimentos infantis
	Anelamento	Estabilidade a congelamento/ descongelamento e aumento da cristalinidade	Produtos enlatados e congelados.
Enzimático		Encapsulação	Aromas
		Sacarificação	Xaropes

Fonte: Adaptado de Domenez (2016)

3.2.2 Números da indústria de fécula de mandioca e seus derivados

A mandioca é uma das principais fontes de amido, juntamente com milho, batata doce, trigo e batata (HORSTMANN; LYNCH; ARENDT, 2017). Os maiores produtores mundiais desse amido no ano de 2019 foram os países asiáticos, como Tailândia, Vietnam e Camboja, além de Gana (África) e Paraguai (América do Sul). O Brasil ocupou o nono lugar desse ranking (FAO, 2022). Com a produção de 636 mil toneladas no ano de 2021, o Brasil possui cerca de

20 mil pequenas e médias indústrias de amido de mandioca, sendo 69 de grande porte (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA - ABAM, 2022; CEREDA; BRITO, 2019). Atualmente, a maioria das fecularias do país encontram-se no sul do Mato Grosso do Sul, oeste de São Paulo, interior de Santa Catarina e no noroeste e oeste do Paraná (ABAM, 2021). Em Minas Gerais, destaca-se a cidade de Conceição dos Ouros, situada no sul do Estado. Com pouco mais de 11 mil habitantes, possui 30 fábricas de polvilho e é conhecida como a Capital Nacional do Polvilho (BOM DIA CIDADE, 2022).

Um levantamento realizado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Esalq/USP, em parceria com a ABAM, mapeou e caracterizou a indústria e a fabricação de fécula e derivados no Brasil durante o ano de 2021. Neste ano, houve a maior produção dos últimos cinco anos, utilizando a mesma capacidade industrial, demonstrando a maior eficiência nos processos (ABAM, 2022; CEPEA, 2022).

Esse estudo ainda revela que algumas empresas, além da produção de fécula, fabricam seus derivados, sendo importante considerar esses volumes. A oferta e as transações de amido modificado, mistura para pão de queijo, polvilho doce, polvilho azedo e tapioca aumentaram 36% entre 2020 e 2021 (CEPEA, 2022). O volume produzido desses alimentos em 2021 está apresentado na Tabela 2.

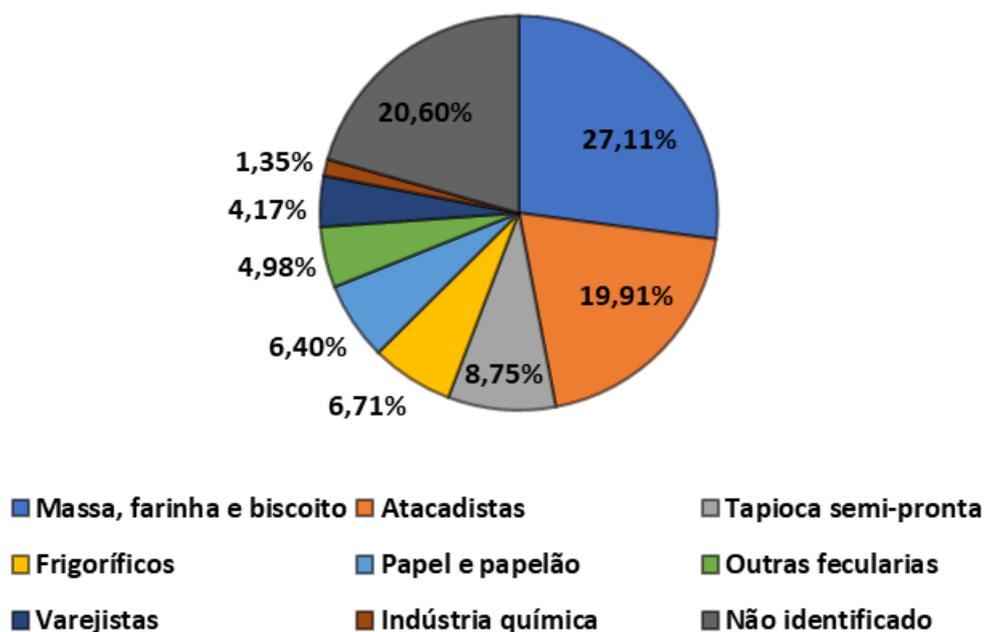
Tabela 2 – Produção de fécula e derivados no Brasil no ano de 2021

Produto	Produção (mil ton.)
Fécula	636
Amido modificado	136
Mistura para pão de queijo	121
Polvilho doce	93
Polvilho azedo	68
Tapioca	39

Fonte: ABAM (2022).

Ainda segundo o referido trabalho supracitado, o principal destino desses produtos é o setor de massas, farinhas e biscoitos, seguido da venda para atacadistas, conforme demonstrado na Figura 1. De todas as empresas consultadas, 20,60 % dos produtos não tiveram seus destinos revelados (CEPEA, 2022).

Figura 1 – Principais compradores das produções de fécula e derivados em 2021.



Fonte: ABAM (2022).

3.2.3 Produção de polvilho doce

Para a produção de polvilho doce, os equipamentos variam de acordo com o porte da empresa, conforme pode ser observado na Tabela 3. Contudo, a produção consiste em basicamente lavar e descascar as raízes, desintegrar as raízes até a liberação do amido, separar o amido das fibras e outros materiais e secar o polvilho obtido até a umidade desejada (DINIZ, 2006).

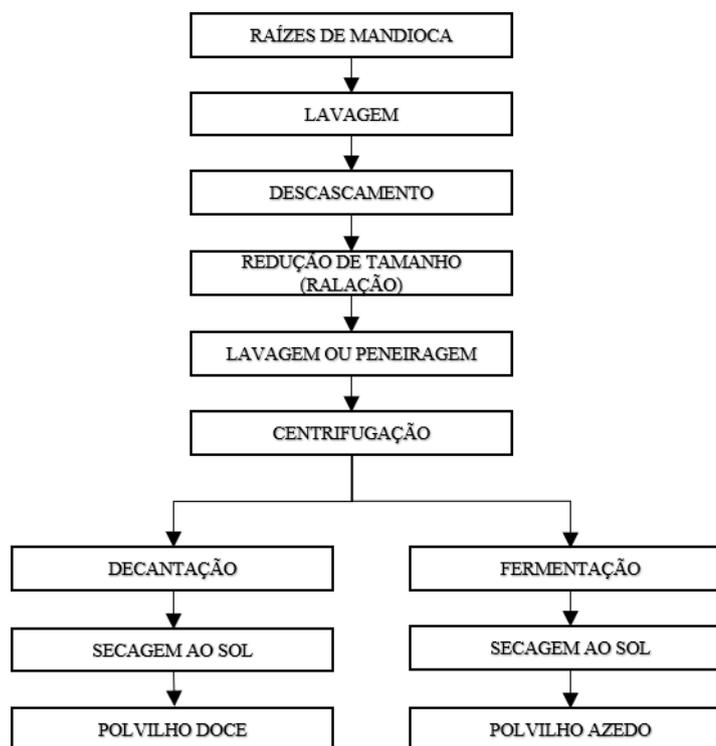
Tabela 3 - Etapas da extração de polvilho e equipamentos utilizados na extração.

Etapas de extração	Equipamentos utilizados
1. Lavagem e descascamento das raízes	A. Manual com escovas B., C. Lavador-descascador
2. Redução de tamanho (Ralação)	A. Ralos manuais B. Ralador-depurador C. Picador e desintegrador
3. Peneiragem do leite de amido	A. Peneiras de taquara B. Escovadeiras e peneiras vibratórias C. Extratores – peneiras cônicas horizontais
4. Purificação do amido	A. Cochos de madeira B. Planos de sedimentação e turbinas C. Centrífugas e ciclones
5. Secagem	A., B., C. Ao sol com terreiros e jiraus
A. Processos rústicos	B. Pequenas e médias indústrias
	C. Grandes indústrias

Fonte: Adaptado de Vilela (1989, citado por DINIZ, 2006).

Para a obtenção do polvilho doce (FIGURA 2), as raízes são lavadas e descascadas, processos que ocorrem simultaneamente. Em seguida, é feita a moagem e a desintegração da mandioca, liberando os grânulos de amido na massa. Há extração por telas rotativas e lavagem com água para a separação do amido das fibras. O líquido resultante é centrifugado e o material retido é peneirado com telas vibratórias. O amido é decantado por cinco a dez dias, concentrado a 40% de umidade e então seco ao sol, atingindo 12% a 14% de umidade (NEVES *et al.*, 2017). Durante essa decantação pode haver um princípio de fermentação, mas não ocasiona mudanças expressivas no polvilho doce, como no caso do polvilho azedo.

Figura 2 – Fluxograma do processo geral de fabricação de polvilho doce e polvilho azedo.



Fonte: Adaptado de Diniz (2006)

3.2.4 Produção de polvilho azedo

A fabricação de polvilho azedo é parecida com a do polvilho doce (FIGURA 2). Contudo, o amido deve ser fermentado naturalmente, em tanques abertos ou fechados, de preferência de aço inoxidável ou alvenaria revestida. Uma camada de fécula é recoberta com 10 a 20 cm de água e, depois de alguns dias, ao final da fermentação, o sobrenadante é drenado dos tanques até que o polvilho possua umidade na faixa de 30% a 50%, consistência frágil e aspecto de queijo. A superfície da massa de amido é raspada para eliminar impurezas (FERREIRA FILHO *et al.*, 2013) e, então, ela é retirada com pás, esfarelada e espalhada para secar. Estas etapas são realizadas logo ao amanhecer para que a secagem ao sol ocorra no mesmo dia, uma vez que o polvilho armazenado úmido pode adquirir coloração que varia de azul a negra (DINIZ, 2006).

Uma forma de realizar a secagem ao sol é em terreiros de terra batida, cercados com uma pequena divisória de alvenaria e revestidos com lona plástica preta. Contudo, normalmente ela é feita em jiraus de bambu trançados ou arames, cobertos com panos, plásticos ou lonas

(FIGURA 3). A utilização de panos pretos promove secagem mais rápida, por absorver o calor e permitir a passagem de vento. Contudo, devido às perdas dos grânulos de amido que ficam presos ao tecido, muitos produtores utilizam o plástico. Mesmo sendo pouco utilizado, as lonas de dupla face (branca e preta) facilitam a secagem em regiões com climas mais variados, por economizar o tempo em dias frios e dificultar a queima do polvilho nos mais quentes (CEREDA *et al.*, 2001).

Figura 3 – Polvilho de mandioca secando em jiraus.



Fonte: Lobato (2011).

O tempo de secagem pode variar de 7 a 16 horas, correspondendo a um ou dois dias de secagem, conforme as condições climáticas (PLATA-OVIEDO, 1998). O polvilho é retirado com aproximadamente 14 % de umidade, peneirado e, então, embalado.

Considerando o cenário de desenvolvimento científico e tecnológico da produção de polvilho azedo, mesmo que a indústria utilize equipamentos modernos, as etapas de fermentação e secagem são realizadas com técnicas artesanais. Isso dificulta o volume fabricado e a padronização do produto (POLA JUNIOR, 2013).

A necessidade de grande área de secagem torna o processo de secagem ao sol em um fator limitante. Plata-Oviedo (1998) relata que grandes produtores de polvilho não conseguiram processar uma safra com 100-120 toneladas de raízes/dia (25-30 toneladas de amido/dia), mesmo com área de 1,5 hectares destinada à secagem. Além disso, cada jirau necessita de dois

funcionários, um de cada lado, para esfarelar o polvilho, elevando assim a quantidade de mão-de-obra (DINIZ, 2006).

É importante que durante a secagem ao sol, os polvilhos sejam revolvidos e esfarelados de hora em hora para garantir que todo o material receba a radiação solar. Essa prática também evita que grandes grumos sejam formados, facilitando a etapa de moagem do polvilho, feita após a secagem.

A secagem artificial é pouco utilizada, mesmo sendo mais eficiente. Indústrias de grande porte que secam artificialmente o polvilho azedo relatam que o produto adquirido não possui a mesma capacidade de expansão caso o polvilho fosse seco ao sol (ABAM, 2009). Esta afirmação é corroborada com vários estudos nessa área, observando que, além da fermentação, a radiação solar que é a responsável por essa característica (CEREDA; BRITO, 2019; CEREDA; VILPOUX, 2002; DEMIATE *et al.*, 2000; DUFOUR *et al.*, 1996; MESTRES; ROUAU, 1997).

3.2.5 A fermentação do polvilho azedo

O polvilho azedo comercial possui grande variedade em suas características físicas, químicas e microbiológicas, por sua fabricação envolver fermentação natural com duração variável (CEREDA; VILPOUX, 2003). O principal produto dessa fermentação é o ácido láctico, responsável pela acidificação do polvilho azedo. Além dele, o polvilho pode ter quantidades pequenas de outros ácidos orgânicos, como ácidos acético, propiônico e butírico (DEMIATE *et al.*, 1999).

A fermentação do polvilho azedo pode ser dividida em três etapas, apesar de não serem bem distintas. Na primeira etapa, os micro-organismos dos gêneros *Achromobacter*, *Escherichia*, *Pseudomas*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Bacillus* e *Clostridium* consomem rapidamente o oxigênio dissolvido, criando ambiente microaeróbio. Na etapa posterior, os micro-organismos que necessitam de melhores condições nutritivas se desenvolvem e são responsáveis principalmente pela fermentação láctica (micro-organismos dos gêneros *Lactobacillus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus*), e em menor escala outras fermentações, como acética (gênero *Acetobacterium*), propiônica (gênero *Propionibacterium*) e butírica (gênero *Clostridium*) (DINIZ, 2006; POLA JÚNIOR, 2013). Com a produção desses ácidos orgânicos,

ocorre o aumento da acidez e a diminuição do pH, conforme reportado por Aguilar *et al.* (2012). Na terceira e última etapa predominam os micro-organismos saprófitos, contaminantes e do gênero *Bacillus*, além de várias espécies de leveduras, causando a degradação de alguns produtos da fermentação, gerando compostos aromáticos (DINIZ, 2006; POLA JÚNIOR, 2013).

Apesar de ser comum a fermentação ocorrer naturalmente, algumas empresas utilizam como inóculo o polvilho de outras safras, a não lavagem do tanque de fermentação ou mesmo o sobrenadante de outro tanque, para acelerar o processo (POLA JÚNIOR, 2013). Contudo, segundo estudos de Díaz *et al.* (2018a), essa prática pode conferir propriedades distintas ao polvilho. O pH da suspensão já inicia muito baixo, levando ao consumo precoce do substrato. Os ácidos formados também são deteriorados com rapidez, deixando a suspensão com pH final maior do que com a fermentação natural.

A determinação do final da fermentação varia de empresa a empresa, conforme as condições climáticas, tempo da colheita das raízes, a acidez do polvilho e o tempo de fermentação (AQUINO; GERVIN; AMANTE, 2016; DINIZ, 2006; FERREIRA FILHO *et al.*, 2013; SOUZA; BRAGANÇA, 2000). Apesar disso, no geral, percebe-se a turvação da água no tanque e bolhas na superfície, junto de forte cheiro ácido, além de acidez próximo a 5 % (FERREIRA FILHO *et al.*, 2013; SOUZA; BRAGANÇA, 2000). O tempo de finalização dessa etapa pode variar de 15 até 90 dias, apesar de que nas regiões tradicionais de Minas Gerais normalmente se encerra a fermentação entre 30 e 40 dias (AQUINO; GERVIN; AMANTE, 2016; DINIZ, 2006; SOUZA; BRAGANÇA, 2000). Isso está de acordo com o estudo de Ascheri e Vilela (1995), que observaram que o incremento da propriedade de expansão ocorre até o 30º dia de fermentação, e o decréscimo dessa característica nos dias posteriores de fermentação.

A temperatura ambiente pode influenciar na produção dos ácidos orgânicos durante a fermentação. Bounou (1992), citado por Demiate *et al.* (1999), estudou a fermentação em temperaturas distintas e concluiu que na temperatura de 35 °C a produção de ácido butírico foi favorecida, em contraste com a temperatura de 20 °C, que gerou maior quantidade de ácido láctico. Cereda *et al.* (2001) explicam que em regiões mais frias as fermentações são mais lentas com predominância da microbiota láctica, enquanto em regiões mais quentes as fermentações são mais rápidas e favorecendo a microbiota butírica. Essa diferença entre os ácidos pode afetar os subprodutos que surgem na fermentação, alterando suas propriedades, seu sabor e aroma.

3.2.6 Importância da secagem ao sol para o polvilho

O polvilho azedo possui sabor característico e a capacidade de expansão ao forno sem o uso de fermentos químicos ou biológicos (CEREDA; BRITO, 2019). Sabe-se que além da acidificação proveniente da fermentação, a secagem ao sol é também essencial para os efeitos de assamento desejado do polvilho azedo (CEREDA; VILPOUX, 2003; DEMIATE *et al.*, 2000; MESTRES; ROUAU, 1997). Apesar disso, essa propriedade de expansão ainda não é completamente elucidada, levando a vários estudos na área (CEREDA; VILPOUX, 2003; DEMIATE *et al.*, 2000; MARCON, 2009).

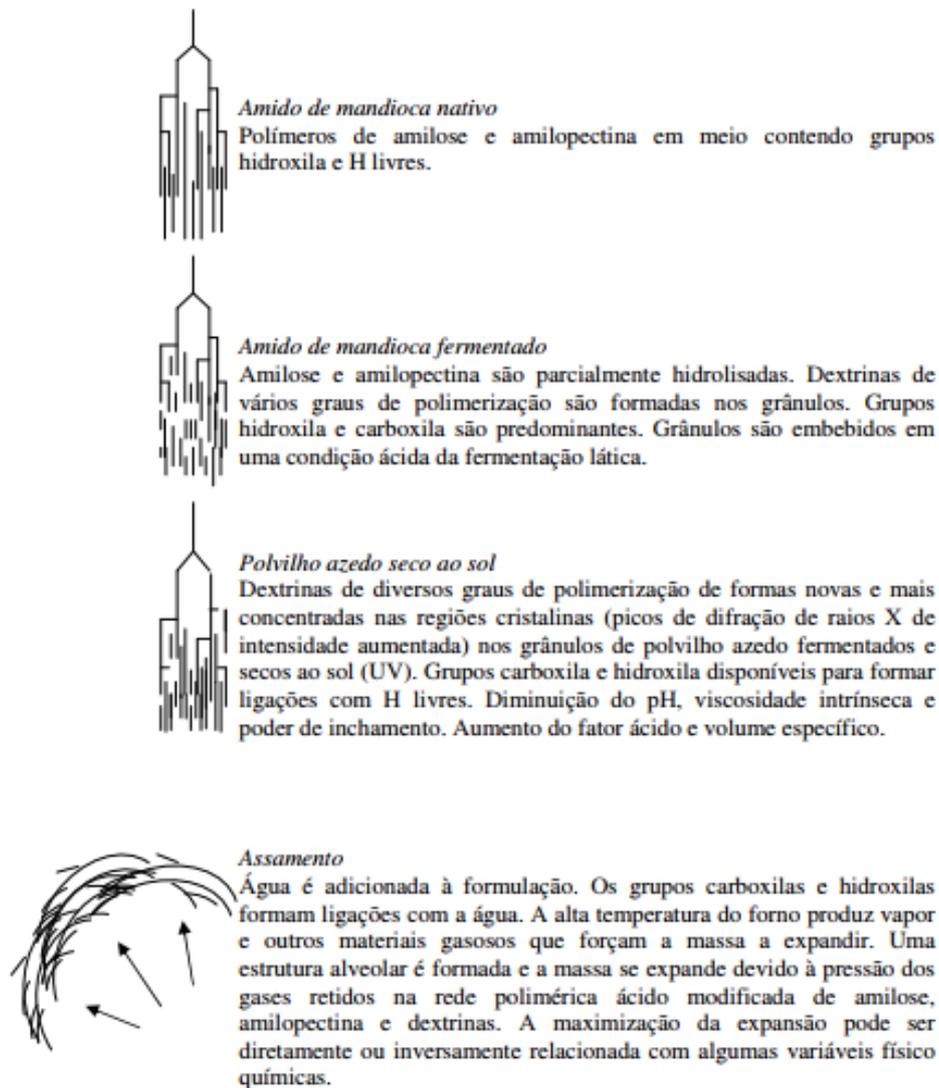
Uma possível explicação é que o polvilho azedo possui temperatura de formação de pasta mais baixa do que o polvilho doce e fécula, permitindo a gelificação por escaldamento. Esse amido gelificado reteria o vapor de água produzido e expandiria, dessa forma, a massa (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Demiate *et al.* (2000) associaram a expansão à presença de grupos carboxílicos no amido após a fermentação. Enquanto Alvarado *et al.* (2013) observaram que amidos de mandiocas com baixo teor de amilose possuem maior capacidade de expansão, provavelmente devido à baixa quantidade de amilose complexada com lipídios. Os complexos lipídio-amilose são mais facilmente oxidados que o amido, já que eles podem agir como protetores na despolimerização desse carboidrato, durante a exposição à luz ultravioleta (UV) na secagem ao sol (BERTOLINI *et al.*, 2001b).

Outra proposta para o mecanismo de expansão está representada na Figura 4. A fermentação forma dextrinas de diferentes graus de polimerização, além de ácidos orgânicos. Durante a secagem, essas dextrinas migram para a zona cristalina do grânulo de amido, com exposição de grupos carboxilas e hidroxilas. Durante a formulação dos produtos, a água adicionada forma ligações com esses grupos, gerando uma rede. Assim, no assamento, o vapor

de água choca contra essa rede fazendo a massa expandir (MARCON, 2009), conforme demonstrado na Figura 4.

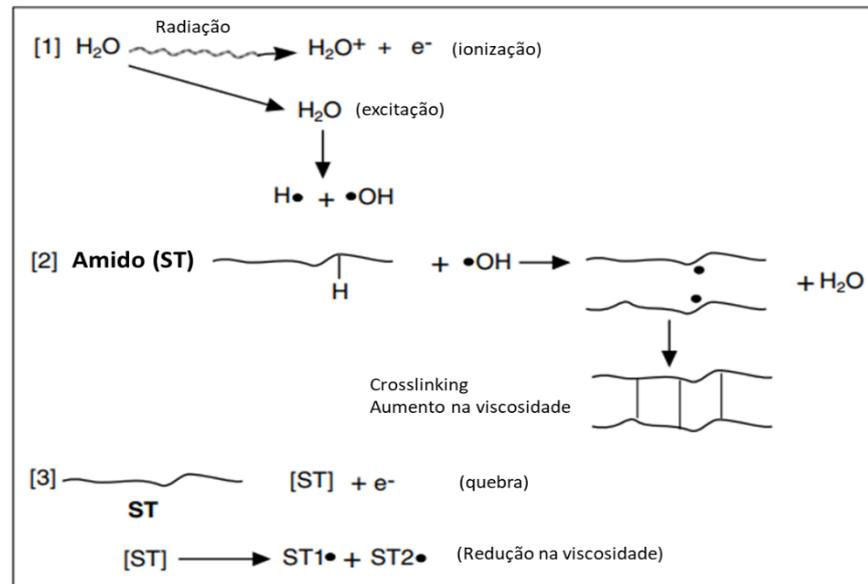
Figura 4 – Esquema do mecanismo da modificação química do polvilho azedo.



Fonte: Marcon (2009).

Outra proposta envolve a formação de radicais livres no amido ao ser irradiado com luz ultravioleta (UV). Os radicais livres se unem (FIGURA 5) formando uma rede capaz de reter os gases durante o assamento, chamado de modificação por intercruzamento. Essa é uma modificação importante, por não utilizar produtos químicos como em outras áreas da indústria alimentícia (BHAT; KARIM, 2009).

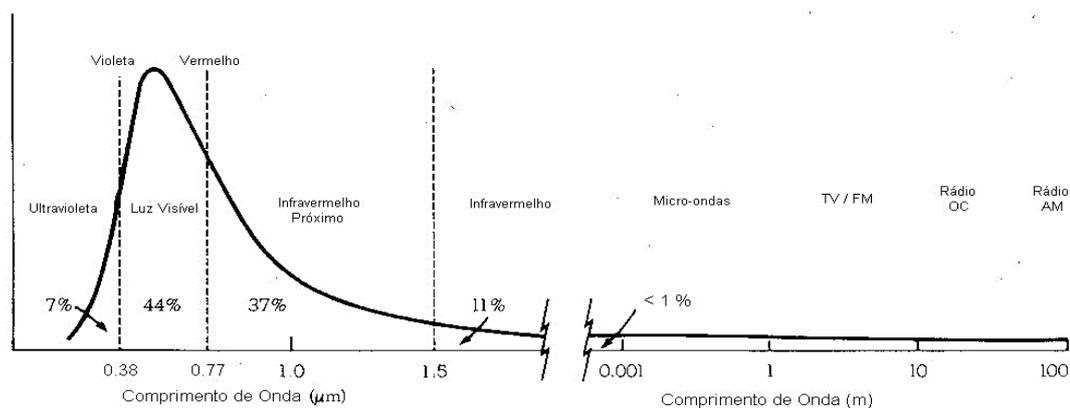
Figura 5 – Efeito da radiação em polímeros de amido, mostrando possível degradação e ligação das cadeias de amido.



Fonte: Adaptado de Bhat e Karim (2009).

A radiação solar abrange praticamente todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético (FIGURA 6). A luz visível, compreendida na faixa de 400 a 700 nm, corresponde a cerca de 44% do total da energia emitida. As demais faixas do espectro correspondem a: 7% a radiação ultravioleta (UV) (entre 100 nm e 400 nm), 37% o infravermelho próximo (entre 700 nm e 1500 nm) e infravermelho (entre 1500 nm e 1 mm) com 11%. Com valores menores que 1% estão as radiações emitidas acima da região do infravermelho, como ondas de rádio e micro-ondas, e abaixo da região ultravioleta, como raio X e raio gama. A radiação UV ainda pode ser dividida em três intervalos (UVA, UVB e UVC), de acordo com a intensidade de absorção pelo oxigênio e ozônio, além dos efeitos fotoquímicos no ser humano (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, 2022).

Figura 6 – Distribuição de energia emitida pelo sol.



Fonte: INPE (2022).

Para investigar melhor o efeito da luz solar na expansão do polvilho, foram realizadas diversas pesquisas com o uso de diferentes radiações de luz UV durante a secagem. Sabe-se que a luz UVC é absorvida pela atmosfera antes de atingir a superfície terrestre, não influenciando, assim, na secagem do polvilho ao sol (INPE, 2022). Apesar disso, ao secar o amido de mandioca oxidado com ácido láctico, notou-se que as amostras secas com lâmpadas de UVC tiveram maior volume específico que as demais, seguida das amostras secas com UVB (VATANASUCHART *et al.*, 2005).

A hidrólise por ácido láctico seguida da exposição a UVB e UVC por 7 e 9 horas provocaram a despolimerização das moléculas da zona amorfa do grânulo de amido, fornecendo pequenas frações que contribuem para a expansão da massa (VATANASUCHART *et al.*, 2003). Contudo, a radiação por UVC por 15 horas e UVA com UVB tiveram efeito negativo na expansão (VATANASUCHART *et al.*, 2005).

Em estudo sobre o efeito da radiação de luz UV em amidos de milho e de mandioca observou-se a despolimerização dos amidos, aumentando o teor de radicais livres. Houve também a aparição de diferentes compostos devido à degradação de ácido láctico, como ácidos acético, pirúvico e fórmico, além de monóxido e dióxido de carbono, aldeídos, peróxidos e metano (BERTOLINI *et al.*, 2001a, 2001b).

Ao utilizar amido fermentado industrial úmido, Plata-Oviedo (1998) observou que a secagem em estufa produziu biscoitos com baixa expansão, em contraste à secagem ao sol (polvilho azedo), que proporcionou maior expansão. O pesquisador ainda constatou que a

contribuição da radiação solar para a expansão ocorre nas primeiras horas de secagem, podendo esta ser terminada em estufa, sem nenhum prejuízo a essa característica, fato observado em outros estudos (DUFOUR *et al.*, 1996; MESTRES; ROUAU, 1997). Plata-Oviedo (1998) ainda afirmou ser necessária exposição mínima de 2 horas ao sol para que ocorra a expansão do polvilho azedo.

Além disso, outro estudo verificou que cerca de 30% do ácido láctico, principal ácido orgânico encontrado no polvilho azedo, perdeu-se após a secagem ao sol. Já na secagem em estufa a quantidade se manteve, mesmo quando realizada em temperaturas próximas a secagem ao sol, indicando que não houve a volatilização do ácido. Com isso, sugere-se que o ácido é convertido em outras substâncias que influenciam positivamente na capacidade de expansão do polvilho azedo (DUFOUR *et al.*, 1996; MESTRES; ROUAU, 1997).

Os amidos modificados por oxidação podem apresentar expansão, apesar de não tão evidente quanto a que acontece com o polvilho azedo, levando pesquisadores e indústrias a proporem sucedâneos de polvilho azedo com base nesses amidos modificados (CEREDA; BRITO, 2019).

A oxidação provoca a despolimerização das cadeias de amilose e amilopectina, quebrando as ligações α -1,4 e α -1,6, reduzindo a viscosidade dos géis. Alterações moleculares podem ocorrer ao mesmo tempo nas moléculas de glicose, convertendo grupos hidroxilas em carbonilas, que são transformados rapidamente a carboxilas. Esse processo ocorre tanto na oxidação por modificação química quanto na oxidação solar do amido durante a produção de polvilho (CEREDA; BRITO, 2019).

Demiate *et al.* (2000) observaram que amostras de fécula de mandioca produzidas com tratamento oxidativo junto com ácidos orgânicos resultaram em altos valores de expansão. Do mesmo modo, amostras tratadas apenas com ácido láctico e secas ao sol (polvilho azedo oxidado) apresentaram a mesma característica de maior expansão de volume. Essa capacidade de expansão se manteve a mesma após a lavagem do amido, indicando mudanças estruturais nos grânulos de amido. Contudo, somente a acidificação com ácido láctico não promoveu a expansão quando seco em estufa.

Gervin, Aquino e Amante (2016) concluíram que amostras de polvilho azedo possuem maior expansão que outras amostras tratadas com ácidos orgânicos e luz UVC, indicando a eficiência da combinação de fermentação natural com a secagem solar.

Estudo realizado com féculas de diferentes genótipos de mandioca verificou que a maior capacidade de expansão é das amostras fermentadas e secas ao sol (polvilho azedo), seguida das amostras não fermentadas secas ao sol (polvilho doce). As demais amostras, fermentadas ou não fermentada, ambas secas em estufa, apresentaram as menores expansões (ALVARADO *et al.*, 2013).

Machado *et al.* (2012) encontraram expansão equivalente ao polvilho azedo em amostras fermentadas secas por UVB 60 °C por 8 horas. O mesmo tempo em UVC apresentou expansão menor, mas também grânulos queimados, indicando secagem excessiva.

Dias *et al.* (2011a) notaram que quando comparadas as amostras de amido fermentado secas no forno, o polvilho azedo causou diminuição na dureza de biscoitos e elevou os teores de carboxila e carbonila, além do volume específico. Porém, ao realizar tratamento oxidativo com hipoclorito de sódio nas amostras fermentadas secas em forno, a expansão dos biscoitos aumentou e a dureza diminuiu. Já em estudo utilizando oxidação por peróxido de hidrogênio apresentaram características semelhantes às do polvilho azedo convencional e produtos mais homogêneos (DIAS *et al.*, 2011b).

Para entender melhor a importância da mandioca, Bertolini, Mestres e Colonna (2000) compararam as características de amido da raiz com milho, tratando ambos com ácido láctico e radiação ultravioleta. O tratamento somente com o ácido diminuiu a viscosidade de pasta de ambos os amidos, indicando a degradação molecular desses amidos. Mas nos tratamentos acidificados e com radiação UV, apenas o amido de mandioca apresentou menor viscosidade de pasta e aumento na expansão ao forno. Isso pode ser explicado devido à alta capacidade de intumescimento e à solubilidade do amido de mandioca, enquanto no amido do cereal a alta temperatura de gelatinização interfere no decaimento da viscosidade e sua expansão ao forno.

Díaz *et al.* (2018b) investigaram o efeito da fermentação e secagem ao sol com outra raiz, o jacatupé (*Pachyrhizus ahipa*). O amido de jacatupé apresentou ter maior expansão no seu amido nativo, quando comparado com a fécula de mandioca, mas ao passar pelo mesmo processamento que o polvilho azedo, o amido de jacatupé perdeu essa propriedade.

3.3 Condições climatológicas de secagem do polvilho

3.3.1 Caracterização climática

A região sudeste do Brasil possui clima bastante variado devido suas características, como topografia acidentada, sua variação de latitude, a influência do oceano no Leste e continentalidade no restante da região. Apesar destes fatores, eles não conferem mudanças drásticas nos sistemas atmosféricos que atuam na região, principalmente as frentes frias e quentes (OFICINA DE TEXTOS, 2021; VIANELLO; ALVES, 2000).

Minas Gerais apresenta três climas predominantes: semiárido, na região norte do estado; tropical de altitude, nas áreas mais elevadas do território; e tropical nas demais áreas. Além disso, não faz fronteira com o oceano, havendo influência direta sobre o clima (REBOITA *et al.*, 2015). Apesar disso, normalmente frentes frias predominam no inverno, com baixa incidência de chuva, enquanto no verão se associam temperaturas elevadas com as chuvas abundantes (FORMIGA, 2016).

O município de Formiga está situado na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, à distância aproximada de 200 quilômetros da capital Belo Horizonte. A cidade se situa na latitude de 20° 27' 42" Sul e longitude de 45° 25' 58" Oeste de Greenwich, com altitude de 832 metros. Possui clima tropical de altitude, com estações bem definidas de inverno seco e verão chuvoso, e com temperatura média anual de 21,8 °C (FORMIGA, 2016). Desde 2006, o município tem uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), fornecendo dados como umidade relativa do ar, índice de radiação, temperatura e precipitação pluviométrica, ajudando nas previsões do clima da cidade e da região (INMET, 2021).

3.3.2 Estações meteorológicas automáticas

As estações meteorológicas automáticas, EMA's (FIGURA 7), possuem sensores eletrônicos instalados nas torres de observações, sem a necessidade de observador como nas

estações meteorológicas convencionais. As EMA's foram criadas inicialmente com o intuito de complementar a rede básica de estações convencionais, cobrir regiões de difícil acesso, suprir falta de funcionários e realizar observações fora dos horários padrões. Hoje em dia, diante dessas vantagens, são capazes de substituir as estações convencionais, elevando a confiabilidade dos dados e padronizando as medições (VIANELLO, 2011). O Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, possui em torno de 570 EMA's em todo território brasileiro (INMET, 2021). Além disso, outras instituições públicas e privadas também possuem redes para demandas específicas, aumentando a rede de estações meteorológicas do Brasil. Apesar disso, a escassez de observações e a má distribuição das estações são os principais problemas no estudo do clima e do tempo no Brasil (VIANELLO, 2011). Também a falta de manutenção das EMA's leva a sua inoperação, ocorrendo em cerca de 33% das estações do INMET (INMET, 2021).

Figura 7 – Exemplo de estação meteorológica automática.

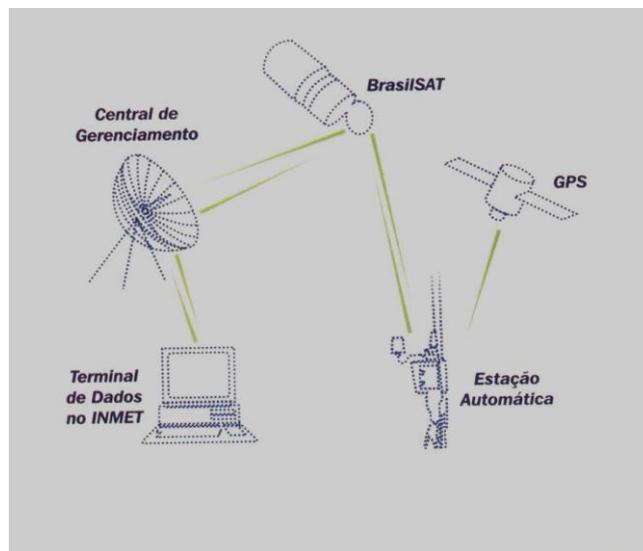


Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2021).

A EMA possui um abrigo com sensores para temperatura, umidade e pressão atmosférica. Do lado de fora há um pluviômetro e um piranômetro, para medirem precipitação e radiação solar, respectivamente. Além disso, há um mastro cujo o topo possui um catavento

anemômetro, permitindo a medição da direção e velocidade do vento. Todos esses equipamentos possuem sensores alimentados por um painel de células fotovoltaicas, convertendo a energia solar em elétrica. Além disso, a estação possui um sistema eletrônico integrado que proporciona o armazenamento e a recuperação dos dados, e a transmissão por satélites para centrais de processamento em intervalos de uma hora, normalmente (FIGURA 8) (VIANELLO, 2011).

Figura 8 – Esquema de telecomunicação da estação automática até o Instituto Nacional de Meteorologia.



Fonte: Vianello (2011).

3.3.3 Parâmetros meteorológicos

Alguns dos parâmetros meteorológicos são definidos pelo INMET (2021), como:

- **Temperatura mínima (°C):** é a medida mínima da temperatura do ar.
- **Temperatura máxima (°C):** é a medida máxima da temperatura do ar.
- **Temperatura instantânea (°C):** é a temperatura do ar da hora.
- **Umidade relativa do ar instantânea (%):** é a medida da umidade relativa do ar da hora.

- **Precipitação (mm):** é a medida total de precipitação (chuva), ocorrida na última hora.
- **Radiação global (kJ m^{-2}):** é a medida de toda a radiação solar que chegou à superfície terrestre, na última hora registrada. Esta radiação vai desde o ultravioleta até o infravermelho, no espectro eletromagnético.

A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de vapor de água existente (umidade absoluta) e a quantidade máxima (ponto de saturação), em uma determinada temperatura. Ela representa o grau de saturação da atmosfera por vapor de água, não abrangendo outras formas de água, como gotículas de água ou gelo (AYOADE, 1996). Com forte dependência da temperatura do ar, não é possível comparar dados de diferentes localidades, a menos que tenham temperaturas próximas por diversas estações e que os dados tenham sido coletados com metodologia adequada (MARTINS; GROSSMANN-MATHESON, 2015). Por outro lado, as variações da umidade relativa entre as estações são mínimas nas regiões próximas à Linha do Equador e elevam-se com o aumento da latitude (AYOADE, 1996).

A amplitude térmica varia conforme a latitude. De modo geral, quanto mais afastado do Equador, maior a amplitude térmica. E também as maiores variações de temperatura do ar ocorrem no verão, e as menores no inverno (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A radiação solar demonstra o efeito dos raios solares na superfície da Terra. Os locais com maior incidência desses raios, como a Linha do Equador, costumam ter temperaturas médias maiores. Mas não é toda a radiação que promove esse aquecimento, mas sim a radiação infravermelha que é absorvida e refletida pela superfície. Vale ressaltar que a temperatura é influenciada por praticamente todos os fatores climáticos, como a umidade, a radiação solar, a latitude e as massas de ar (PENA, 2022).

Precipitação é um termo utilizado para água líquida ou sólida que se forma na atmosfera e retorna para a Terra, como chuva, neve, granizo, orvalho, geada e nevoeiro. Apesar disso, a maioria dos registros de precipitação são equivalentes à precipitação pluvial (AYOADE, 1996). A precipitação possui sua medida em mm, em que 1 mm de chuva equivale a 1 litro de água por metro quadrado. Como parâmetro de classificação, caso se registre 5 mm em uma hora, é considerado chuva fraca. Entre 5 mm e 60 mm em uma hora seria chuva moderada e acima disso se considera chuva forte (INMET, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

Para preservação da empresa, o local onde foram coletadas as amostras de polvilhos será denominado de Empresa X.

A Empresa X atua no setor de indústria e comércio de alimentos, e está situada na cidade de Formiga (lat., long.: -20.45,-45.45; altitude: 878,14 m), no estado de Minas Gerais, com produção mensal de cerca de 180 toneladas, sendo aproximadamente 80% dela dedicada a polvilho azedo, e o restante a polvilho doce. Ela possui aproximadamente 30 colaboradores, classificando-se como empresa de pequeno porte.

Fundada em 1994, a Empresa X atende cinco estados (São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia e Goiás), além do Distrito Federal e tem como público alvo empresas que utilizam polvilho como matéria-prima e consumidores de polvilho para uso doméstico.

O portfólio de produtos comercializados pela Empresa X estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 – Produtos comercializados pela Empresa X.

Produto	Peso das embalagens
Polvilho doce	25 kg
Polvilho azedo	1 e 25 kg
Mistura para biscoito frito doce	500g
Mistura para biscoito frito salgado	500g
Mistura para chipa	5 kg
Mistura para pão de queijo	1 e 5 kg
Mistura para pão de queijo aromatizado	5 kg

Fonte: Empresa X (2019).

4.2 Processamento das raízes de mandioca

As raízes de mandioca de variedades IAC 13 e IAC 14 são obtidas nas cidades de Arcos, Cristais, Pouso Alegre e Formiga, no estado de Minas Gerais, Brasil. Ao chegar na indústria, elas são beneficiadas no máximo de 24 horas. As raízes seguem para a lavagem e descascamento em lavador-descascador e são trituradas por um picador e um desintegrador. A extração do amido ocorre por telas rotativas e lavagem com água, em peneiras centrífugas, também chamadas de “GL”, para separação do amido das fibras. O líquido resultante passa por uma centrífuga concentradora (*decanter*) e o material retido passa para a próxima etapa, conforme o produto pretendido.

Na produção do polvilho doce, o amido é decantado e levado aos jiraus para a secagem ao sol. Já na produção de polvilho azedo, a suspensão é posta em tanques para a fermentação durante aproximadamente 45 dias. O fim da fermentação é determinado por testes no laboratório como acidez e expansão. Posteriormente, o amido é colocado em jiraus para a secagem ao sol por 5 a 10 horas, variando conforme a temperatura e a umidade relativa do ar do dia. Durante a secagem ao sol, a massa de polvilho é revirada e tem os grânulos desmanchados a cada hora. Tal ação permite que todo o polvilho receba os raios infravermelhos e UV emitidos pelo sol, uma das causas que possibilitam a expansão do polvilho.

A Empresa X confere diariamente os dados climatológicos coletados pelo site do INMET e da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET). Isso ajuda na decisão da secagem ou não do polvilho ao sol.

4.3 Dados coletados

Os dados foram fornecidos pela Empresa X, correspondendo ao período de secagem dos polvilhos de 18 de dezembro de 2018 a 09 de novembro de 2020. De cada lote produzido foram informados o tipo de produto, o tanque utilizado para a decantação para polvilho doce ou para a fermentação para o polvilho azedo, a data em que foi feita a secagem dos lotes, além dos dados das análises laboratoriais de umidade final do polvilho, pH, acidez titulável e volume específico.

4.4 Análises realizadas

A umidade das amostras foi feita de acordo com o método 925.10 (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC, 2000), que consiste na secagem de 5 g de amostra em estufa a 105 °C por uma hora.

O volume específico foi determinado através da metodologia proposta por Maeda e Cereda (2001). Foram pesados 50 g de polvilho e misturados com cerca de 40 mL de água fervente. A massa foi modelada até se tornar homogênea e macia o suficiente para ser moldada. Para o caso em que a massa permanecesse dura, adicionava-se mais água fervente até se obter a consistência requerida. Essa massa foi dividida em cinco pedaços e moldada no formato redondo, como biscoitos. Cada pedaço continha aproximadamente 10 g. Eles foram espalhados em assadeira e levados ao forno elétrico à temperatura de 200 °C por 25 minutos. O volume dos biscoitos assados foi determinado por meio de deslocamento de sementes de painço, sendo expresso em mL (adaptado de n.10-05, AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC, 2000). O volume específico (mL g⁻¹) foi calculado pela divisão do volume (mL) pela massa (g) dos biscoitos. O volume específico foi considerado usando a média das medidas de um mesmo lote.

Para a determinação do pH foram utilizados 10 g de amido (base seca) e dispersos em 100 mL de água destilada. A suspensão foi agitada por 10 minutos. Uma vez cessada a agitação, mediu-se imediatamente o pH, utilizando um potenciômetro calibrado. Em seguida, a acidez foi determinada na mesma amostra, titulando NaOH 0,1 mol L⁻¹ até que o pH chegasse a 8,3, o ponto de viragem de cor da fenolftaleína. O resultado foi expresso em mL NaOH 100 g⁻¹ de amostra em base seca (PLATA OVIEDO, 1998).

4.5 Classificação interna dos polvilhos pela Empresa X

A Empresa X possui normas internas para padronizar e classificar seus produtos (TABELA 5). Elas variam conforme a sua umidade final do produto, pH, acidez titulável e volume específico. Esta classificação é dividida entre polvilho doce, polvilho azedo de baixa expansão (indicado para a fabricação de pão de queijo) e polvilho azedo de alta expansão (indicado para a fabricação de biscoito de polvilho).

Tabela 5 – Normas internas de padronização e classificação dos produtos na Empresa X.

Atributo	Produto		
	Polvilho doce	Polvilho azedo de baixa expansão	Polvilho azedo de alta expansão
Umidade final (%)	< 17	< 17	< 17
pH	Entre 3,2 e 4,5	Entre 3,2 e 4,5	Entre 3,2 e 4,5
Acidez titulável (mL NaOH 100 g ⁻¹)	< 5,0	Entre 3,0 e 7,0	> 6,0
Volume específico (mL/ g)	Entre 5,0 e 13,0	Entre 9,0 e 13	> 13,0

Fonte: Empresa X (2022). Elaboração: Do autor (2022)

4.6 Atributos meteorológicos

Os atributos meteorológicos foram obtidos por meio dos dados coletados da estação meteorológica automática de Formiga através do endereço eletrônico do INMET (<https://portal.inmet.gov.br/>). As medidas foram obtidas no horário de secagem dos polvilhos, 7h00 às 17h00, sendo considerados:

- **Temperatura média:** foi a média das temperaturas instantâneas do horário estabelecido. Medida em °C.
- **Amplitude térmica:** foi calculada pela diferença entre o maior valor de temperatura máxima e o menor valor de temperatura mínima, no horário estabelecido. Medida em °C.
- **Umidade relativa do ar média:** média dos valores instantâneos de umidade relativa do ar durante o horário de secagem dos polvilhos. Medida em %.
- **Radiação:** foi utilizado o maior valor durante o horário analisado. Medida em kJ m⁻².
- **Precipitação:** o valor acumulado durante o horário analisado. Medida em mm.

4.7 Análise estatística

O teste de correlação de Pearson foi utilizado para a elaboração dos mapas de correlação, medindo o grau de relação linear entre as variáveis, duas a duas. O resultado varia de -1 a +1, sendo que se as duas variáveis tendem aumentar ou diminuir juntas, a correlação é positiva. Caso uma variável aumente enquanto a outra diminui é uma correlação negativa. Além disso, os valores próximos a zero indicam que não há correlação, demonstrado com X (LINO; XAVIER; COSTA E OLIVEIRA, 2019).

Gráficos de dispersão foram feitos para as variáveis que demonstraram correlação. Nesses gráficos, a reta azul correspondeu à linha de tendência e a área cinza ao intervalo de confiança, indicando o local provável da média. Quanto menor a área, mais confiável é o resultado.

Para a análise de regressão multivariada, a seleção de variáveis foi encontrada utilizando o algoritmo *stepwise* com o procedimento *backward* e a estatística AIC como critério de seleção (RODRIGUES, 2017). Nesse caso, todas as medidas foram feitas com a média dos meses, para diminuir a variabilidade.

Essas análises e os histogramas foram feitos pelo *software* livre R (R CORE TEAM, 2021).

Todas as demais análises foram feitas pelo *software* Microsoft Excel© (MICROSOFT..., 2016).

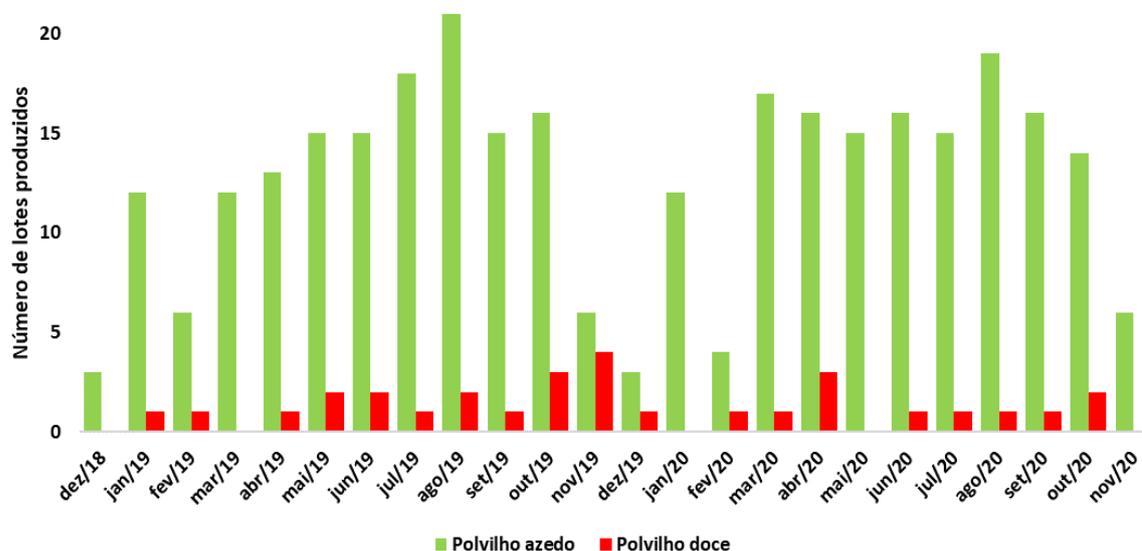
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características da produção e do clima

No período de dezembro de 2018 a novembro de 2020 foram produzidos 335 lotes de polvilho. Destes, 305 lotes foram para a produção de polvilho azedo, contabilizando 91% do total. Os demais 30 lotes foram para a produção de polvilho doce, totalizando os 9% restantes. O número baixo de lotes de polvilho doce se deve ao fato de que este produto é produzido apenas sob demanda.

Na Figura 9 é demonstrado o número de lotes produzidos mensalmente de polvilhos doce e azedo.

Figura 9 – Lotes produzidos mensalmente de polvilhos doce e azedo, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022)

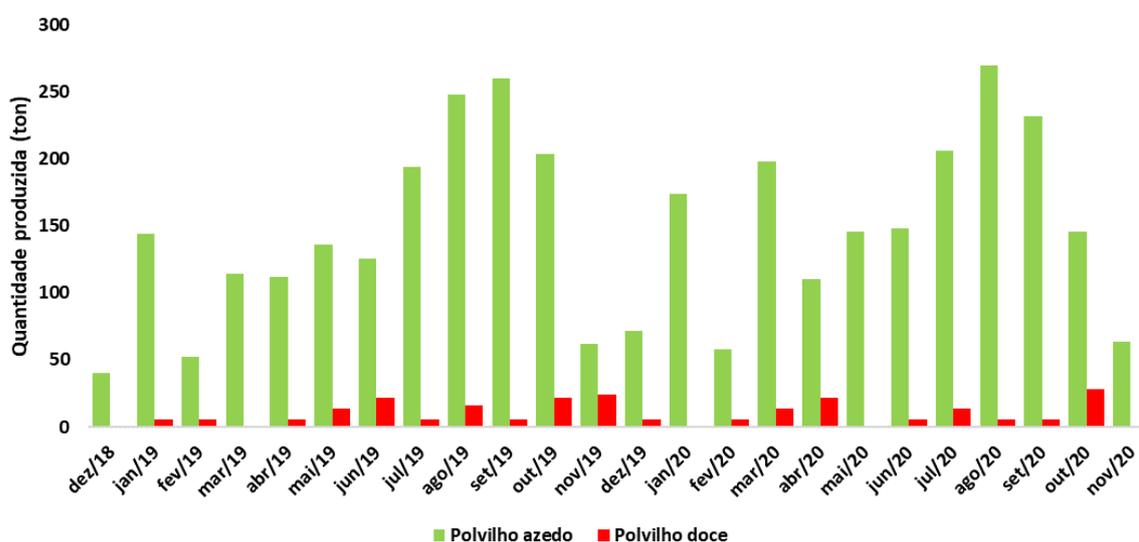
Para o polvilho doce, não se notou nenhum padrão na quantidade produzida. A maior produção foi em novembro de 2019 com quatro lotes produzidos. Para os meses de dezembro de 2018, março de 2019 e janeiro, maio e novembro de 2020, não houve produção. O que demonstra que existe pouca procura pelo produto, justificando a produção por demanda.

Outra explicação para a baixa demanda por polvilho doce é que este produto é muitas vezes substituído pelas empresas por fécula de mandioca.

Na produção de polvilho azedo, durante o tempo estudado, observou-se o comportamento do primeiro ano se repetindo no ano seguinte, em que o mês de agosto de maior número de lotes produzidos e os meses de novembro, dezembro e fevereiro os de menores produções.

Na Figura 10 é demonstrado a produção mensal de polvilho doce e azedo.

Figura 10 – Produção mensal, em toneladas, de polvilho doce e azedo, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



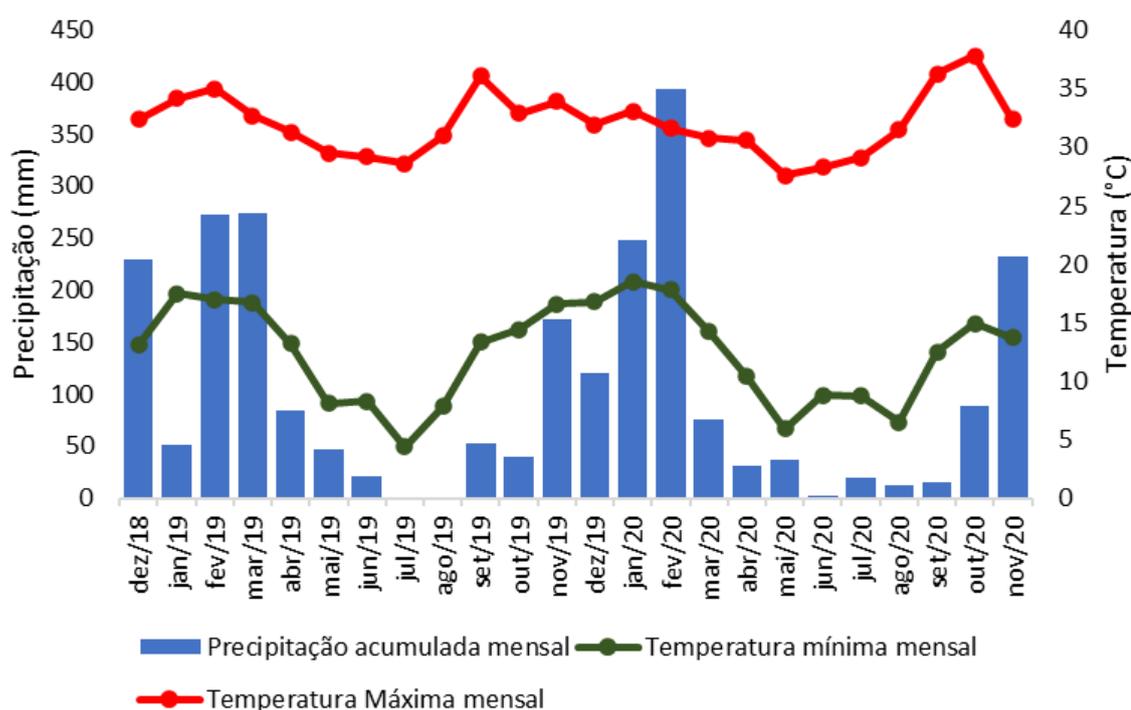
Fonte: Do autor (2022)

A produção de polvilho doce foi de no máximo 28 toneladas, número bem abaixo quando comparado ao de polvilho azedo, justificado pela fabricação sob demanda. Para o polvilho azedo, percebe-se que as menores produções ficaram próximas a 50 toneladas, nos meses de fevereiro, novembro e dezembro do período estudado. Já os meses de maior produção foram os de agosto e setembro de 2019, repetindo-se no ano seguinte.

A Empresa X tem como prática monitorar as informações meteorológicas pelos sites do INMET e da REDEMET, evitando realizar a secagem quando há previsão de chuva, visando a melhor qualidade dos polvilhos. Dos 335 lotes analisados, apenas 40 deles foram secos em dias de chuva, sendo somente sete em dias com precipitação acima de 5 mm, demonstrando a eficiência dessa prática. Conforme observado no climograma da cidade de Formiga (FIGURA

11), os meses de menor produção foram justamente os meses mais chuvosos, com diminuição considerável do número de lotes produzidos, em comparação aos demais meses. Por outro lado, agosto foi um dos meses mais secos, justificando a alta produção.

Figura 11 – Climograma de Formiga (MG), com precipitação acumulada média e temperaturas mínima e máxima mensais no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.

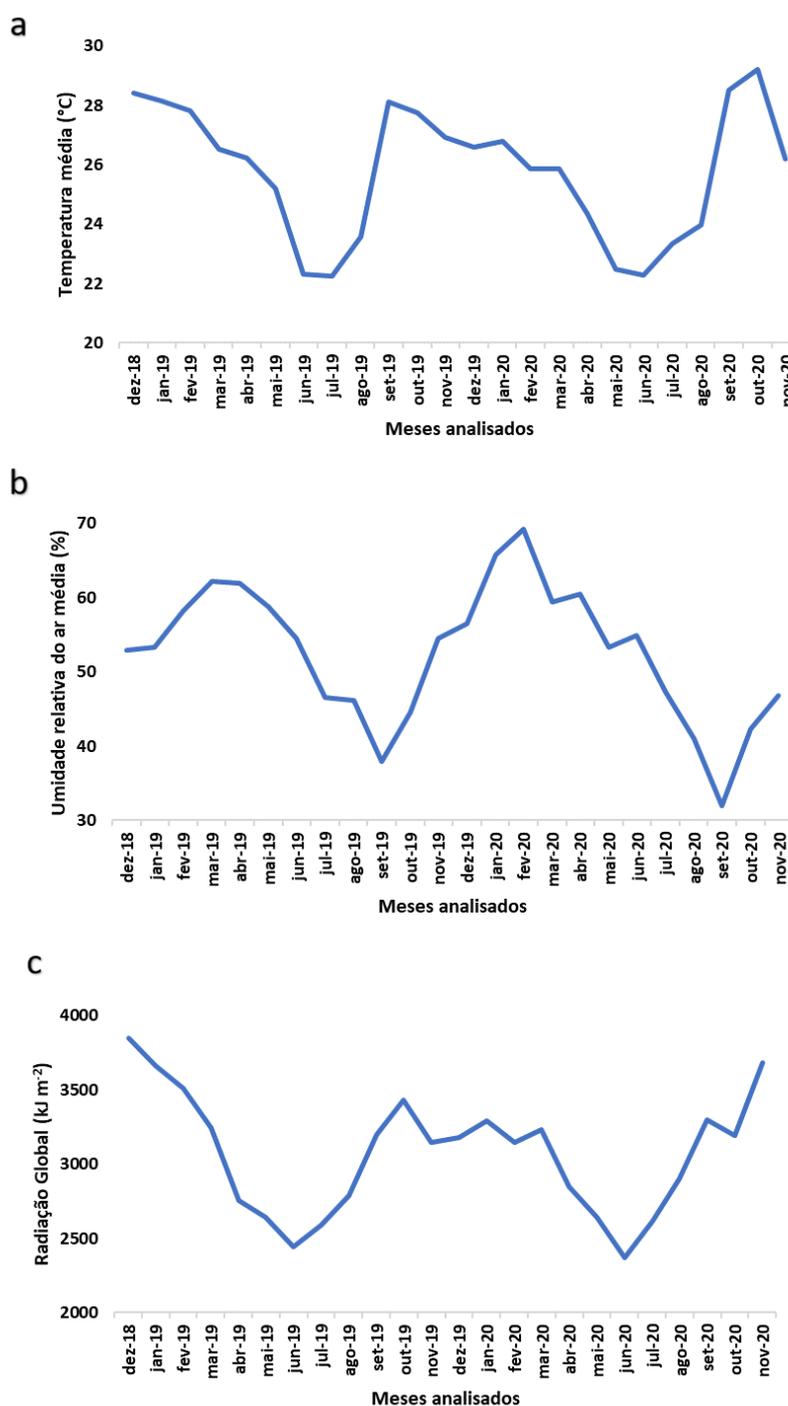


Fonte: INMET (2022). Elaboração: Do autor (2022).

Ainda na Figura 11 observa-se também a variação de temperatura ao longo dos meses do ano na cidade de Formiga. Nota-se que os períodos mais frios se iniciaram no mês de maio indo até agosto, englobando assim a estação de inverno brasileiro. Por outro lado, os meses que atingiram temperaturas maiores ou iguais a 35 °C foram fevereiro e setembro de 2019, e setembro e outubro do ano de 2020. Também é possível notar que os meses de maiores amplitudes térmicas (superior a 20 °C) foram aqueles em que a precipitação de chuva foi inferior a 50 mm no mês, demonstrando a importância da chuva como regulador térmico.

Na Figura 12 são apresentadas as condições climáticas durante as datas de realização da secagem do polvilho.

Figura 12 – Condições climáticas durante as datas de secagem do polvilho na cidade de Formiga (MG), durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Legenda: (a) Temperatura média mensal, (b) umidade relativa do ar média mensal e (c) radiação global mensal

Fonte: INMET (2022). Elaboração: Do autor (2022).

Nas datas em que houve secagem dos polvilhos, a temperatura média ficou em torno de 22 °C a 29 °C (FIGURA 12). Vale destacar que os meses de maior temperatura média foram setembro e outubro em ambos os anos. Já os meses mais frios de 2019 foram de junho a agosto, enquanto que em 2020 a temperatura diminuiu um mês antes, em maio, seguindo baixa até agosto.

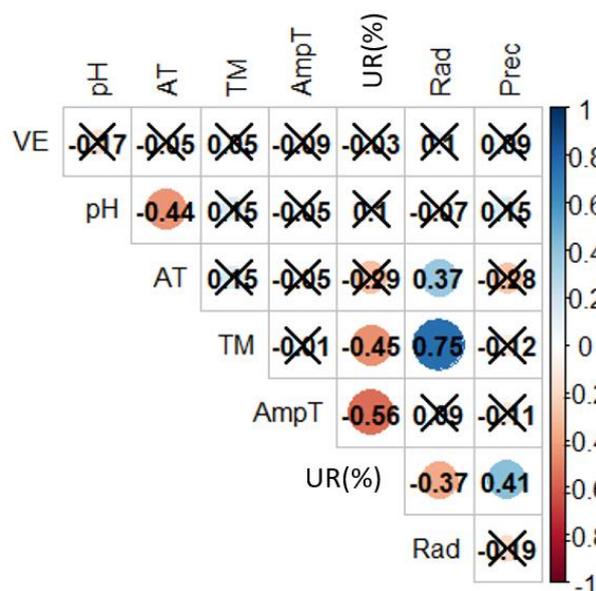
A menor umidade relativa do ar média ocorreu no mês de setembro para ambos os anos. Por outro lado, os meses de março e abril de 2019 e janeiro e fevereiro de 2020 tiveram os maiores valores de umidade. Esses meses correspondem aos meses com alto índices pluviométricos, como demonstrado na Figura 11, justificando o resultado.

A radiação média mensal na cidade de Formiga, nos períodos de secagem dos polvilhos, está representada na Figura 12c. Observou-se nos meses de abril a agosto de ambos os anos queda na radiação solar, correspondendo ao final do outono até o final do inverno no hemisfério sul. Também se notou que na maioria dos meses a radiação solar se encontrou na faixa de 3 e 3,5 mil kJ m^{-2} , exceto nos meses de dezembro de 2018, janeiro e fevereiro de 2019 e novembro de 2020, quando os valores ultrapassaram 3,5 mil kJ m^{-2} .

5.2 Polvilho doce

Na Figura 13 é apresentado o mapa de correlação com as variáveis analisadas para polvilho doce.

Figura 13 – Mapa de correlação entre as variáveis analisadas para polvilho doce.



Legenda: VE = Volume específico; AT = Acidez titulável; TM = Temperatura média; AmpT = Amplitude térmica; UR (%) = Umidade relativa do ar média; Rad = Radiação; Prec = Precipitação.

Fonte: Do autor (2022).

A partir deste mapa, observa-se que a correlação do volume específico com as demais variáveis não foi significativa para o polvilho doce. Esse resultado pode indicar que é possível produzir polvilho doce dentro de um padrão de expansão independentemente das condições físico-químicas e de secagem analisadas neste estudo.

O pH apresentou alta correlação negativa com a acidez titulável. As duas variáveis são relacionadas à quantidade de prótons livres na solução (H^+), sendo que o pH mede a concentração deles na solução, enquanto a acidez titulável é a medida da soma dos prótons com os ácidos não dissociados (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2004). Como o pH mais baixo indica mais ácido na solução, a relação entre as duas variáveis se torna inversamente proporcional.

Houve correlação positiva entre as variáveis acidez titulável e radiação. Isso pode ter sido causado pela concentração dos ácidos orgânicos devido à evaporação da água durante a secagem do produto. Esse resultado contradiz o achado por Plata-Oviedo (1998), que encontrou a diminuição da acidez titulável conforme aumentava a radiação UVA, devido a fotodecomposição dos ácidos orgânicos. A natureza da radiação UVA e da radiação global pode ser uma das causas dessa diferença. Outro fator entre os dois estudos é que o pesquisador fez ensaios em laboratório, em condições controladas, enquanto o presente trabalho foi realizado

nas condições reais da indústria, com a interferência de diversos fatores, como variação da matéria-prima e condições climáticas.

O mapa de correlação demonstrou que a temperatura média possui correlação negativa com a umidade relativa média do ambiente. Essa relação deve-se ao fato da alta temperatura dissipar melhor o vapor de água presente na atmosfera, diminuindo assim a umidade relativa do ar. Ayoade (1996) relata a mesma relação, explicando que durante a noite a umidade é mais elevada, enquanto costuma ser mais baixa no início da tarde.

A temperatura média também apresentou correlação positiva com a radiação. A radiação solar é absorvida pela superfície terrestre, que se esquenta. Ao se resfriar, o calor é transferido para as camadas mais baixas da atmosfera, elevando assim a temperatura ambiente.

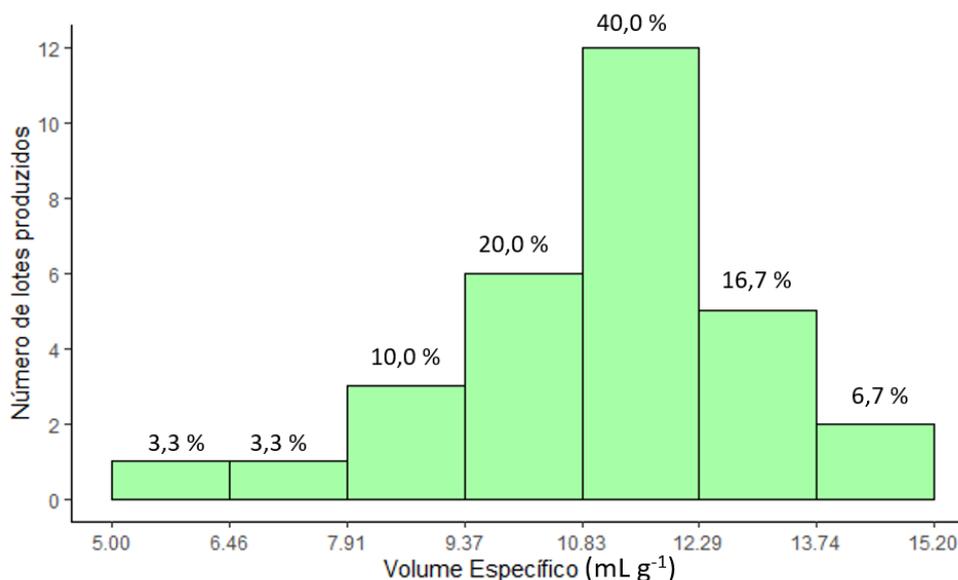
De acordo com os dados apresentados, observa-se a correlação negativa entre a amplitude térmica e a umidade relativa do ar. Com a alta umidade relativa, maior a quantidade de água no ambiente que age como regulador térmico, reduzindo a amplitude de temperatura. Isso é mais visível em regiões desérticas, onde existe baixa umidade e a temperatura pode variar de 0 °C a 50 °C, ou em regiões tropicais, onde a alta umidade faz que haja pouca variação na temperatura.

Ainda com a umidade relativa do ar, houve correlação negativa com a radiação solar do dia, e positiva com a precipitação. Isso poderia ser explicado pelo vapor de água contido na atmosfera absorver parte da radiação solar, diminuindo assim sua incidência na superfície terrestre (AYOADE, 1996). Em referência à precipitação, o aumento da quantidade de água no ambiente, na forma de chuva, influencia na umidade relativa do ar, resultando no aumento do seu valor.

5.2.1 Análise do volume específico

A Figura 14 apresenta um histograma com a distribuição do volume específico nos lotes de polvilho doce.

Figura 14 – Histograma de distribuição do volume específico nos lotes produzidos de polvilho doce seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022).

Ao verificar os dados, percebe-se que a maioria dos lotes de polvilho doce apresentou volume específico menor que 13 mL g⁻¹. Vale considerar que a Empresa X estabelece internamente que o polvilho doce deve apresentar o volume específico entre 5,0 mL g⁻¹ e 13 mL g⁻¹. Desse modo, seis lotes se mostraram fora do padrão, possuindo valores acima dos 13 mL g⁻¹, descaracterizando o produto. Os lotes fora do padrão podem ser destinados à fabricação de pré-misturas de produtos amiláceos ou as indústrias que tal classificação não seja relevante.

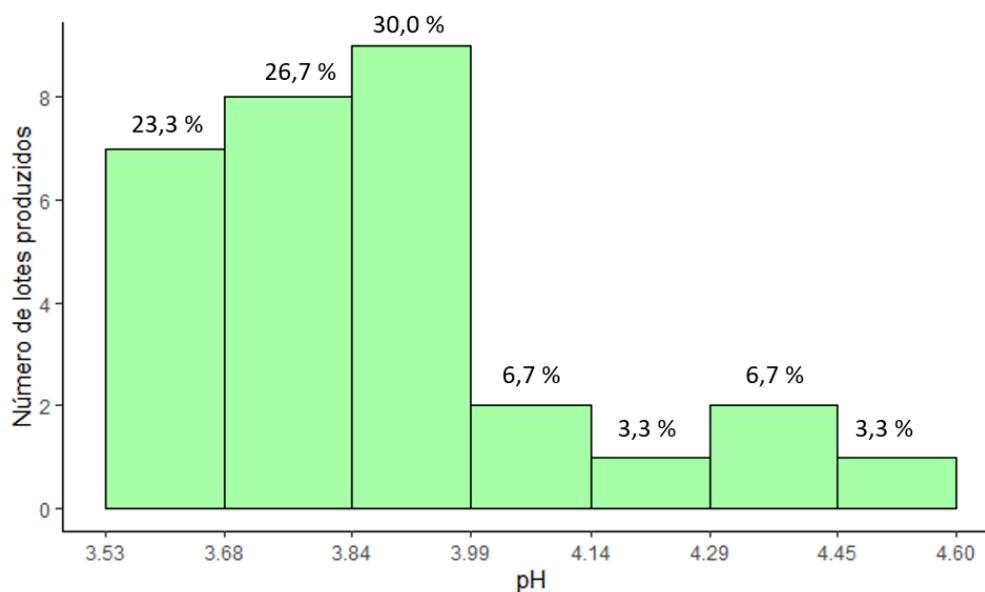
Ainda é possível observar que o lote 7 (TABELA 7, APÊNDICE A) apresentou o menor volume específico de 5,02 mL g⁻¹. Ao analisá-lo, fatores como clima, data de secagem e variáveis físico-químicas não poderiam causar esse efeito, por terem sido encontrados valores próximos a esses atributos em outros lotes com volumes específicos mais elevados. A única diferença observada foi que o lote decantou em um tanque específico, resultando no menor valor. Desse modo, seria interessante investigar o tanque utilizado.

Já no outro extremo, o lote 24 possui o volume específico de 15,20 mL g⁻¹. Nota-se que ele possuía alto valor de acidez titulável, de 6,26 mL NaOH 100 g⁻¹, indicando maior presença de ácidos orgânicos devido a alguma fermentação que possa ter ocorrido, possivelmente na etapa de decantação, por levar de cinco a dez dias.

5.2.2 Análise do pH

A variação do pH encontrado nos lotes de polvilho doce está disposta na Figura 15.

Figura 15 – Histograma de distribuição do pH nos lotes produzidos de polvilho doce seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.

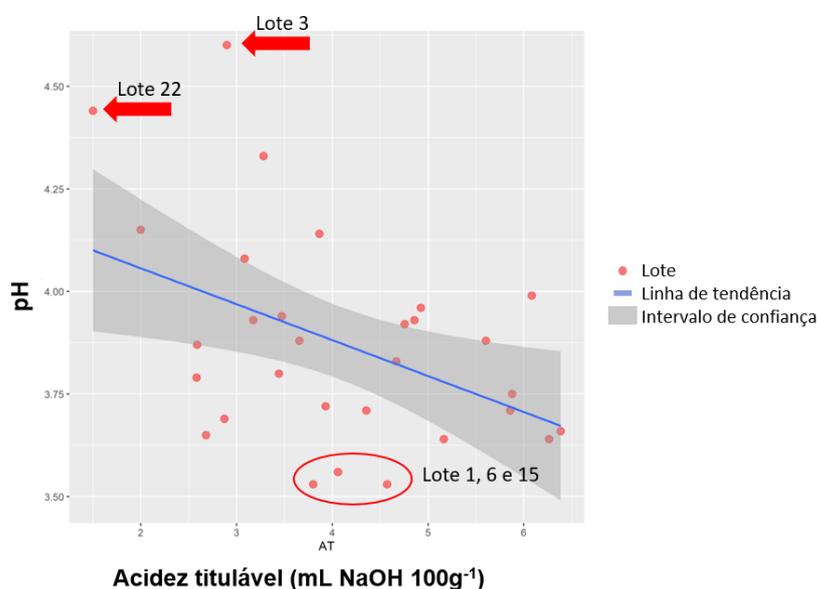


Fonte: Do autor (2022).

O pH do polvilho doce variou de 3,53 a 4,60, o que é interessante para evitar contaminação microbológica. Pelos dados apresentados, observa-se que a maioria dos resultados apresentaram valores menores que 3,99, demonstrando a possível presença de ácido láctico nas amostras. Segundo os padrões internos da Empresa X, apenas um lote estaria fora, com pH acima de 4,5.

Na Figura 16 é apresentado o diagrama de dispersão do pH em função da acidez titulável, para polvilho doce.

Figura 16 – Diagrama de dispersão de dados do pH em função da acidez titulável determinada nos lotes de polvilho doce secos ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022).

O lote 22 apresentou acidez titulável de 1,5 mL NaOH 100 g⁻¹ e pH de 4,44, o que indica a presença de poucos ácidos orgânicos. Ao se verificando as condições climáticas do período, observa-se que o mesmo foi produzido em um dia em que choveu 6,2 mm. Apesar da chuva, resultou em produto com a umidade final de 15,19% e volume específico de 11,8 mL g⁻¹, demonstrando que é possível secar o polvilho doce mesmo em dias chuvosos, dependendo, é claro, da intensidade e duração da chuva, além da temperatura média e umidade relativa do ar.

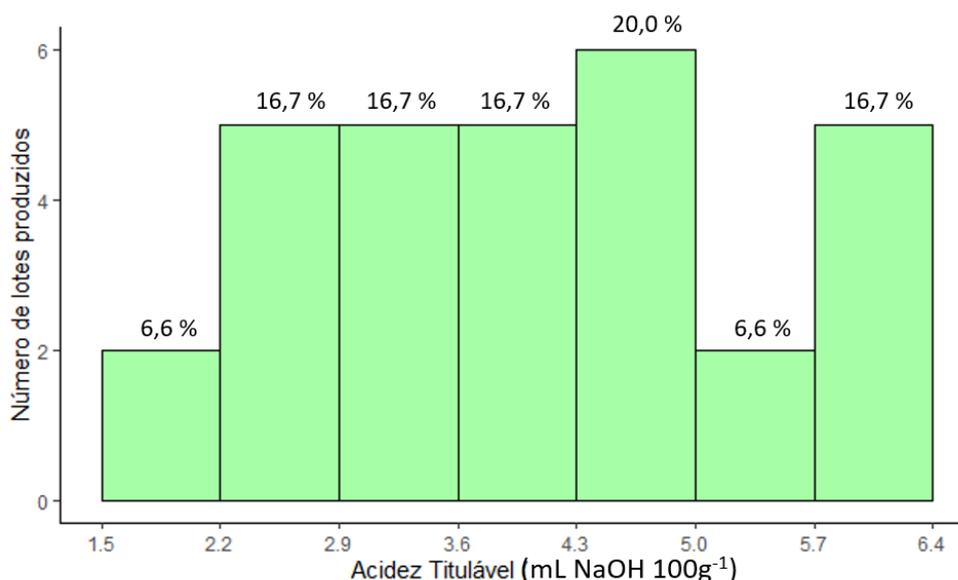
O lote 3 teve o maior pH (4,6) e uma das menores acidez titulável (2,90 mL NaOH 100 g⁻¹). Por apresentar volume específico de 7,14 mL g⁻¹, é possível indicar que o lote 3 não passou por fermentação durante sua produção, o que poderia justificar os resultados de baixo de volume específico e acidez titulável, e o pH elevado.

Além desses, houve três lotes com baixo valor de pH, variando entre 3,53 e 3,56. Ao avaliá-los, nota-se que o lote 6 foi produzido durante um dia chuvoso (5,4 mm). A chuva carrega substâncias do ar, como pó e poluentes, que podem interferir no pH do produto. Já os outros dois lotes (1 e 15) foram secos sob alta radiação (acima de 3500 kJ m⁻²), provavelmente secando os polvilhos de forma rápida, não dando tempo de realizar reações fotoquímicas com seus ácidos orgânicos.

5.2.3 Análise da acidez titulável

Na Figura 17 está apresentado um histograma com a distribuição da acidez titulável nos lotes de polvilho doce.

Figura 17 – Histograma de distribuição da acidez titulável nos lotes produzidos de polvilho doce seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



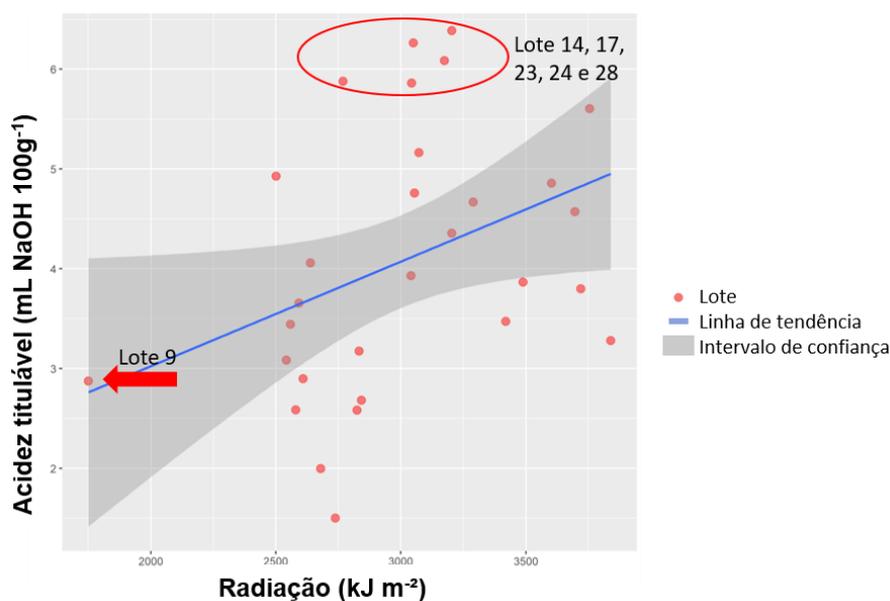
Fonte: Do autor (2022).

A acidez titulável apresentou grande amplitude, de 1,5 a 6,4 mL NaOH 100 g⁻¹. Cereda e Vilpoux (2003) sugeriram que o polvilho doce deve possuir acidez titulável abaixo de 3,0 mL NaOH 100 g⁻¹, por ser o valor encontrado nesse produto produzido em pequena escala e sem ter passado pelo processo de fermentação. Desse modo, apenas 23% de todos os lotes de polvilho doce apresentados se enquadraram nessa classificação, indicando que o restante deles sofreu algum tipo de fermentação durante a decantação.

Além disso, pela classificação interna da Empresa X, sete lotes (23%) apresentaram valores de acidez titulável acima de 5 mL NaOH 100 g⁻¹, estando fora do padrão de polvilho doce.

Na Figura 18 é apresentado o diagrama de dispersão da acidez titulável em função da radiação, para polvilho doce.

Figura 18 – Diagrama de dispersão de dados da acidez titulável em função da radiação, no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022).

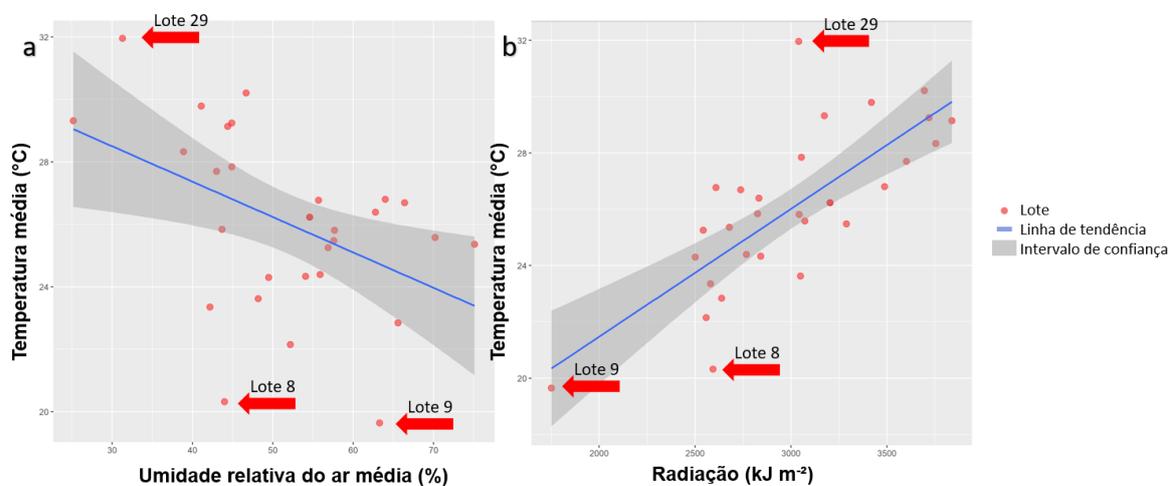
O lote 9 foi seco em um dia com baixa radiação, de 1751 kJ m^{-2} , e apresentou acidez titulável abaixo de $3,0 \text{ mL NaOH } 100 \text{ g}^{-1}$. Esse valor de acidez indica que esse polvilho não passou por nenhuma fermentação. Por esse valor de radiação, mostra que provavelmente ele foi seco em dia nublado. Também a temperatura média desse dia foi abaixo dos $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo dessa forma um dia ameno.

Cinco lotes tiveram valores elevados de acidez titulável (lotes 14, 17, 23, 24 e 28), indicando a presença de ácidos orgânicos provenientes de fermentação. Apesar de se esperar que houvesse interferência no volume específico, isso não se mostrou verdadeiro, com amostras variando entre $8,23 \text{ mL g}^{-1}$ a $15,15 \text{ mL g}^{-1}$. Provavelmente o tempo de decantação de cinco a dez dias promoveu essa diferença. Apesar de produzir os ácidos orgânicos, os lotes de menores volumes específicos não tiveram o tempo necessário para que ocorresse a hidrólise do amido, conforme teorizado por Marcon (2009).

5.2.4 Análise dos atributos meteorológicos

Na Figura 19 é apresentado os diagramas de dispersão da temperatura média em função de outras variáveis correlacionadas, para polvilho doce.

Figura 19 – Diagrama de dispersão de dados da temperatura média de secagem em função de a) umidade relativa do ar média, e b) radiação, no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



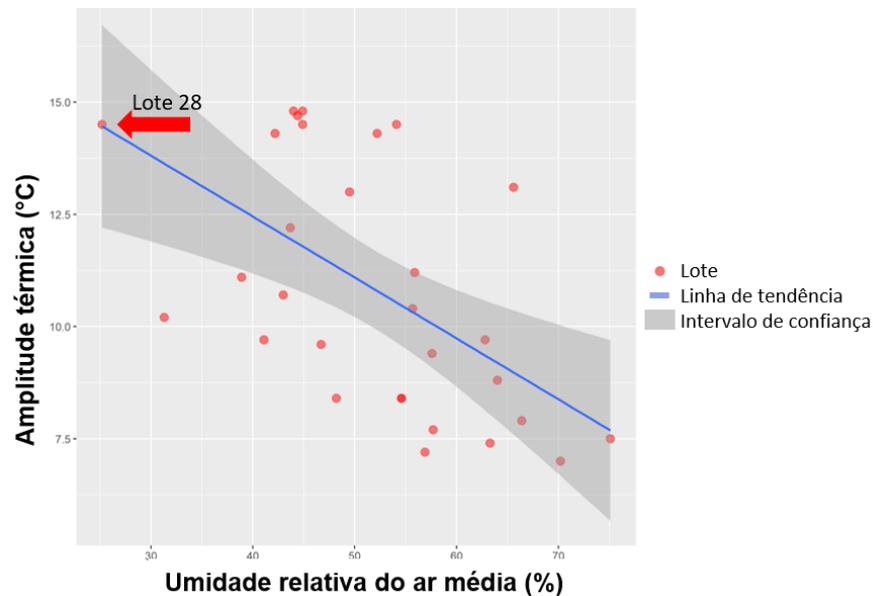
Fonte: Do autor (2022).

Dois lotes se destacam com menor temperatura de secagem (lotes 8 e 9). Com temperatura média de 20,32 °C, o lote 8 foi seco em julho de 2019, o mês com menor temperatura mínima no período avaliado, e consequentemente maior amplitude térmica (14,8 °C no dia de sua secagem), influenciando sua temperatura de secagem. Já o comportamento do lote 9 foi discutido junto à Figura 18.

Com a temperatura média de 31,96 °C, o lote 29 foi obtido no dia de secagem com a maior temperatura dessas amostras. Esse lote foi seco no mês de outubro de 2020, o mês com maior temperatura máxima no período analisado. O que interferiu negativamente na umidade relativa do ar do dia sendo uma das mais baixas para a secagem do polvilho doce.

Na Figura 20 é apresentado o diagrama de dispersão da amplitude térmica em função da umidade relativa do ar, para secagem do polvilho doce.

Figura 20 – Diagrama de dispersão de dados da amplitude térmica de secagem em função da umidade relativa do ar, no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.

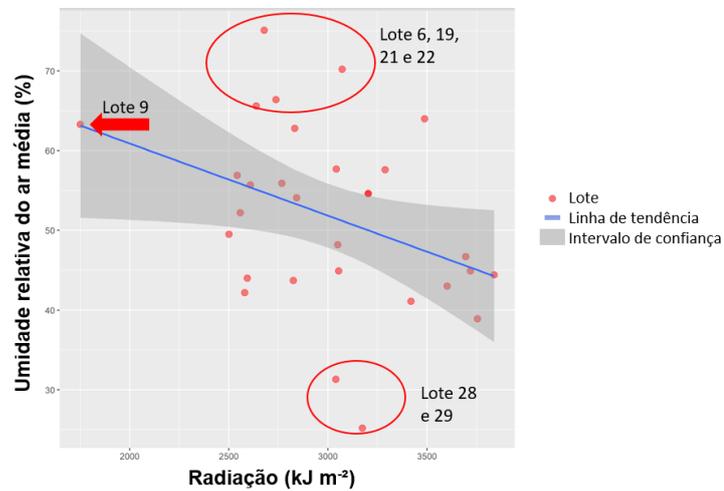


Fonte: Do autor (2022).

Na Figura 20 observa-se que houve correlação negativa entre amplitude térmica e umidade relativa do ar média. Vale destacar o lote 28, cuja umidade relativa do ar no dia de secagem foi a mais baixa, com 25,2 %. Observa-se que ele foi seco em dia quente (29,32 °C) e, devido a essa umidade, a amplitude térmica no dia de secagem foi alta (14,5 °C). Nota-se também que a umidade final do produto foi baixa (13,82%), indicando que ele poderia ter sido retirado antes do jirau.

Na Figura 21 é apresentado os diagramas de dispersão da umidade relativa do ar em função de outras variáveis correlacionadas, para a secagem do polvilho doce.

Figura 21 – Diagrama de dispersão de dados da umidade relativa do ar média com a radiação no polvilho doce seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



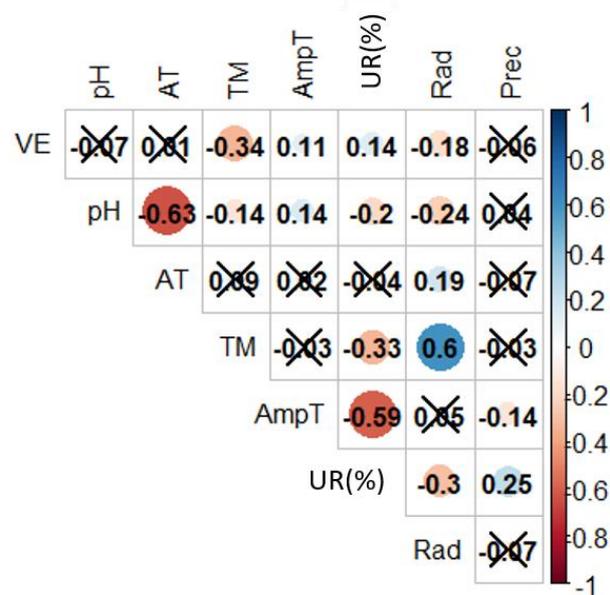
Fonte: Do autor (2022).

Na Figura 21, os lotes com secagem em dias de menor radiação (lote 9) e baixa umidade relativa do ar (lotes 28 e 29) já foram discutidos anteriormente. Além disso, observa-se que os quatro lotes com maiores umidades relativas do ar (65,6 % a 75,1 %) foram em dias chuvosos, justificando esses valores.

5.3 Polvilho azedo

Na Figura 22 é apresentado o mapa de correlação com as variáveis analisadas para polvilho azedo.

Figura 22 – Mapa de correlação entre as variáveis analisadas para polvilho azedo.



Legenda: VE = Volume específico; AT = Acidez titulável; TM = Temperatura média; AmpT = Amplitude térmica; UR(%) = Umidade relativa do ar média; Rad = Radiação; Prec = Precipitação.

Fonte: Do autor (2022).

O volume específico apresentou correlação negativa com duas variáveis: a temperatura e a radiação. A relação com a temperatura de secagem pode ser explicada, pois com temperaturas mais baixas, é necessário mais tempo de secagem do polvilho ao sol. O mesmo se aplica à radiação, em que com a exposição mais prolongada ocorreria mais ligações entre as cadeias glicosídicas, formando uma rede mais coesa para a retenção de gases, conforme sugerido por Bhat e Karim (2009). Além disso, relata-se que secagens com radiação mais elevada ocorre a aglutinação dos grânulos de amido, reduzindo o valor do produto.

Plata-Oviedo (1998) propôs três modelos de regressão do volume específico em função da radiação. O modelo mais próximo com a realidade dos dados estudados, com umidade inicial da massa de amido concentrada a 47%, é uma equação de segundo grau (Volume específico

$(\text{mL g}^{-1}) = 10,6732 + 0,0345 x - 0,00008 x^2$, sendo $x = \text{dose de energia UVA (J cm}^{-2}\text{)}$). A maioria dos resultados analisados encontra-se na faixa acima de 2150 kJ m^{-2} , estando na fase decrescente do modelo encontrado pelo pesquisador.

Além das correlações apresentadas, o volume específico apresentou mais duas correlações, agora positivas, com amplitude térmica e umidade relativa do ar. Isso indica que a secagem do polvilho azedo não é favorável em ambiente muito seco, com umidade relativa baixa, ou em ambiente muito úmido, cuja amplitude térmica será muito baixa.

O pH exibiu quatro correlações com os atributos climáticos. Temperatura média, umidade relativa do ar e radiação com correlações negativas e positiva para amplitude térmica. Devido a secagem ocorrer de maneira lenta, a fermentação pode continuar a ocorrer nas primeiras horas (MACHADO *et al.*, 2012). Todas essas correlações favorecem essa fermentação, o que levaria à diminuição o pH da massa de amido.

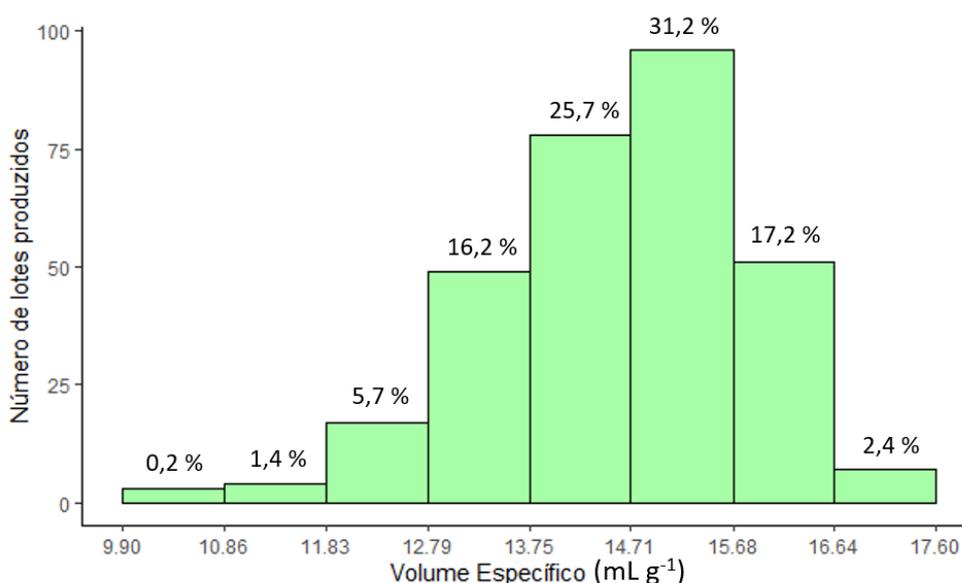
A amplitude térmica demonstrou correlação negativa com a precipitação, devido à chuva agir como regulador térmico no ambiente.

Já as demais correlações (pH x acidez titulável, acidez titulável x radiação, temperatura média x umidade relativa, temperatura média x radiação, amplitude térmica x umidade relativa, umidade relativa x radiação e umidade relativa x precipitação), comportaram-se de maneira semelhante ao encontrado no mapa de correlação do polvilho doce, mostrando a semelhança entre os dois tipos de polvilho em relação a essas características de secagem.

5.3.1 Análise do volume específico

Na Figura 23 é apresentado um histograma com a distribuição do volume específico nos lotes de polvilho azedo.

Figura 23 – Histograma de distribuição do volume específico nos lotes produzidos de polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



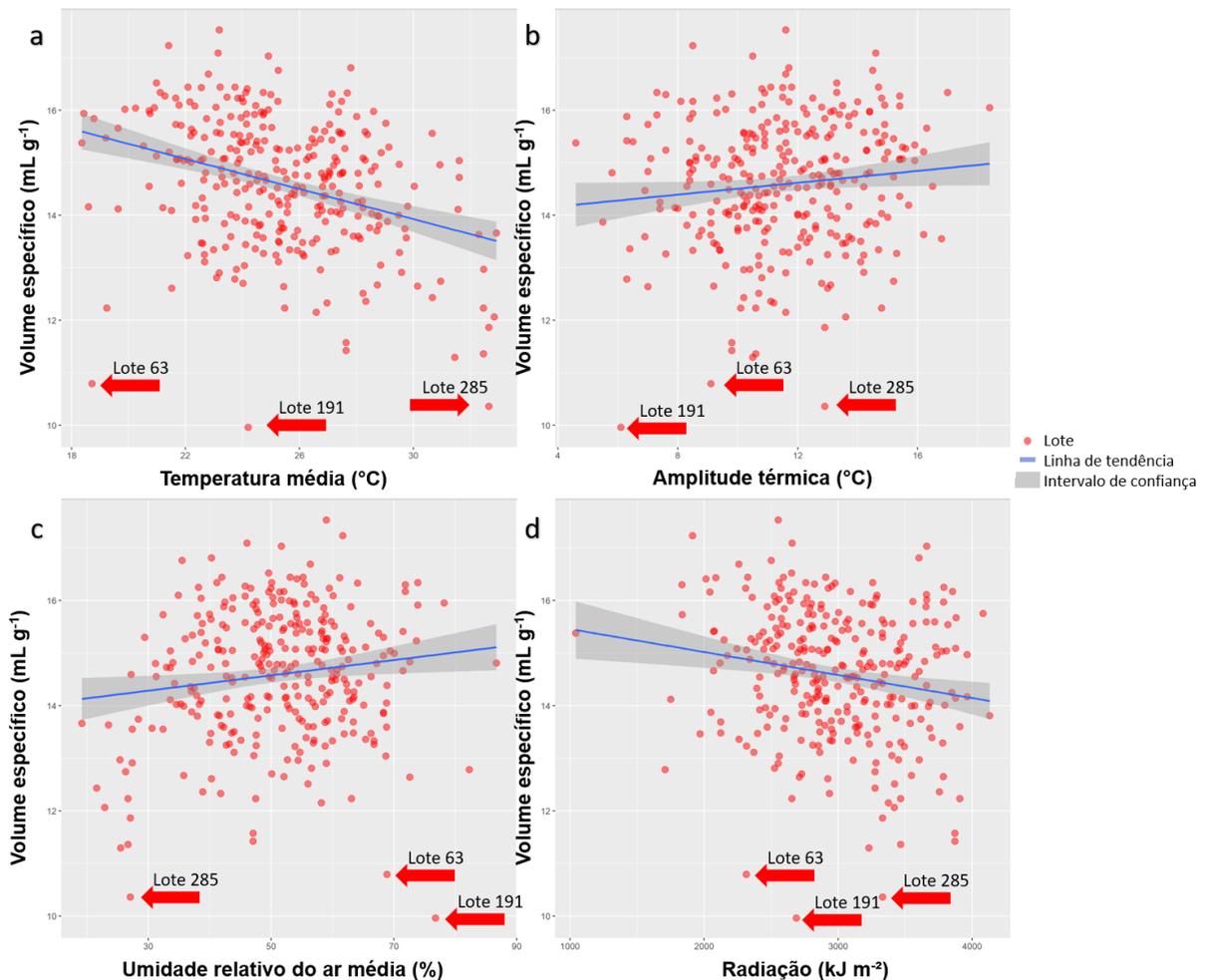
Fonte: Do autor (2022).

Os dados apresentados mostram que mais de 70% dos lotes possuem volume específico acima de 13,75 mL g⁻¹, indicando a produção substancial de polvilho azedo de alta expansão, de acordo com as normas internas da Empresa X. Nenhum lote apresentou o volume específico abaixo de 9,0 mL g⁻¹, não estando fora do padrão estabelecido.

Maeda e Cereda (2001) propuseram uma classificação de polvilho azedo a partir do volume específico. O tipo A teria volume específico maior que 16,0 mL g⁻¹, o tipo B entre 12,0 e 16,0 mL g⁻¹, e o tipo C estaria com o volume específico menor que 12,0 mL g⁻¹. Dessa maneira, a maioria dos lotes (85,6 %) se enquadraria na categoria B, 11,8 % no tipo A e apenas 2,6 % no tipo C.

Na Figura 24 são apresentados os diagramas de dispersão do volume específico em função de outras variáveis correlacionadas, para polvilho azedo.

Figura 24 – Diagrama de dispersão de dados do volume específico em função de a) temperatura média, b) amplitude térmica, c) umidade relativa do ar, e d) radiação, na secagem ao sol do polvilho azedo, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022).

Na Figura 24, observa-se que o lote 191 teve o menor volume específico, de 9,96 mL g⁻¹. Ao analisarmos os dados, nota-se que a chuva de 4,8 mm prejudicou a secagem, levando o polvilho azedo a ser recolhido mais cedo. O que diminuiu o tempo de exposição ao sol do produto, prejudicando seu volume específico.

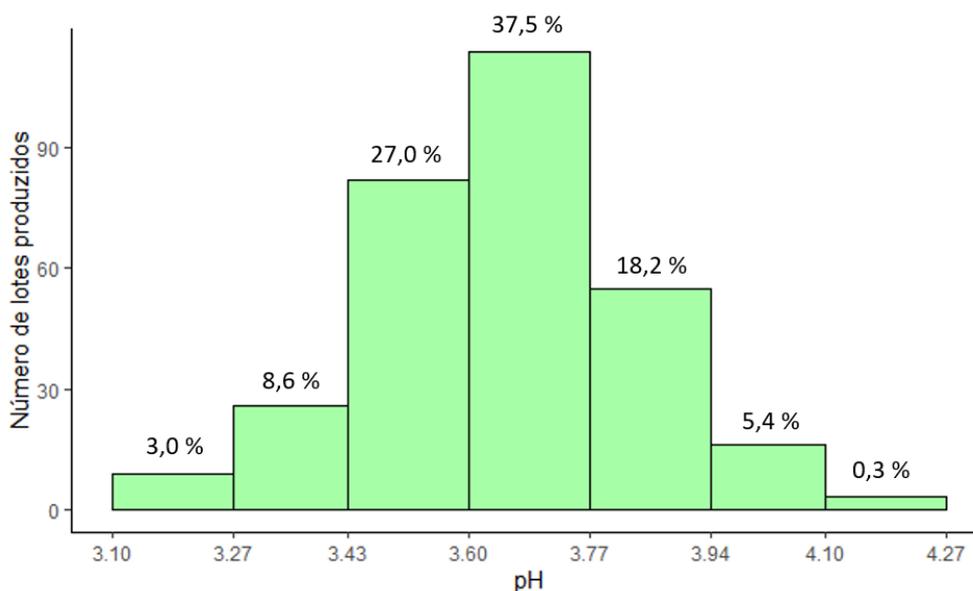
O lote 284 obteve volume específico de 10,36 mL g⁻¹, e foi seco em setembro de 2020, um dos meses mais quentes e secos do período analisado. Em seu dia de secagem, a temperatura média foi de 32,65 °C, com umidade relativa do ar abaixo dos 30% e radiação de 3332 kJ m⁻². Provavelmente o polvilho secou rápido demais, não tendo tempo para realizar as reações fotoquímicas.

Por outro lado, o lote 63 foi fabricado no mês de junho de 2019, um dos meses mais frios do período e de menor incidência de radiação solar global. Ele apresentou volume específico de 10,79 mL g⁻¹, temperatura média de secagem de 18,72 °C e radiação abaixo de 2500 kJ m⁻². Devido a esses valores, provavelmente o polvilho não recebeu radiação suficiente para a realização das reações fotoquímicas.

5.3.2 Análise do pH

Na Figura 25 é apresentado um histograma com a distribuição do pH nos lotes de polvilho azedo.

Figura 25 – Histograma de distribuição do pH nos lotes produzidos de polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



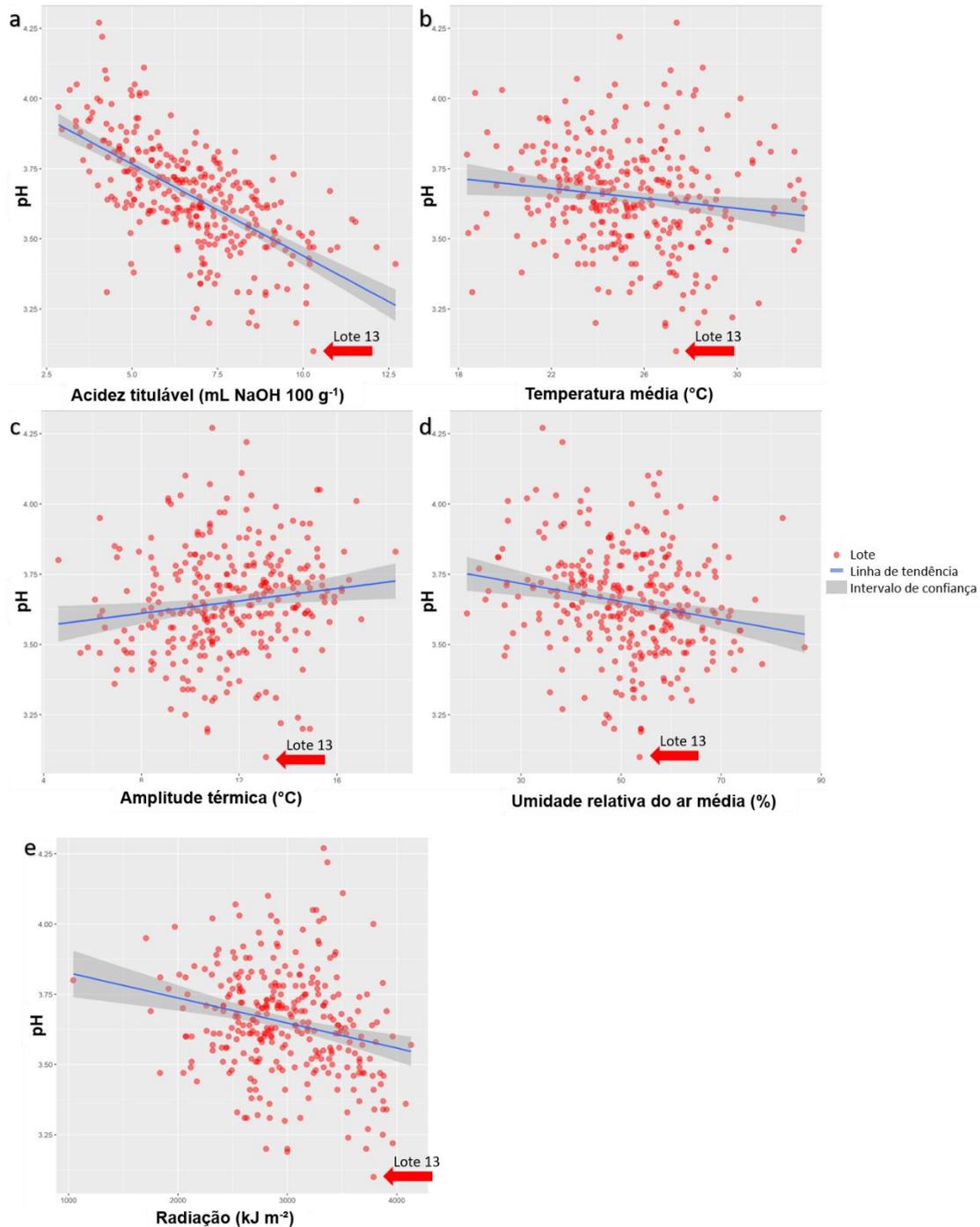
Fonte: Do autor (2022).

O pH do polvilho azedo variou entre 3,1 a 4,27, conforme apresentado na Figura 25. Essas diferenças são justificadas pelas variações nas condições de fermentação entre os lotes, como seu tempo de fermentação e a temperatura ambiente (GERVIN; AQUINO; AMANTE, 2016).

Ainda de acordo com a padronização interna da empresa, apenas dois lotes ficaram com o pH abaixo do estabelecido, indicando bom controle da fermentação.

Na Figura 26 são apresentados os diagramas de dispersão do pH em função de outras variáveis correlacionadas para polvilho azedo.

Figura 26 – Diagrama de dispersão de dados do pH em função de a) acidez titulável, b) temperatura média, c) amplitude térmica, d) umidade relativa do ar, e e) radiação, no polvilho azedo seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



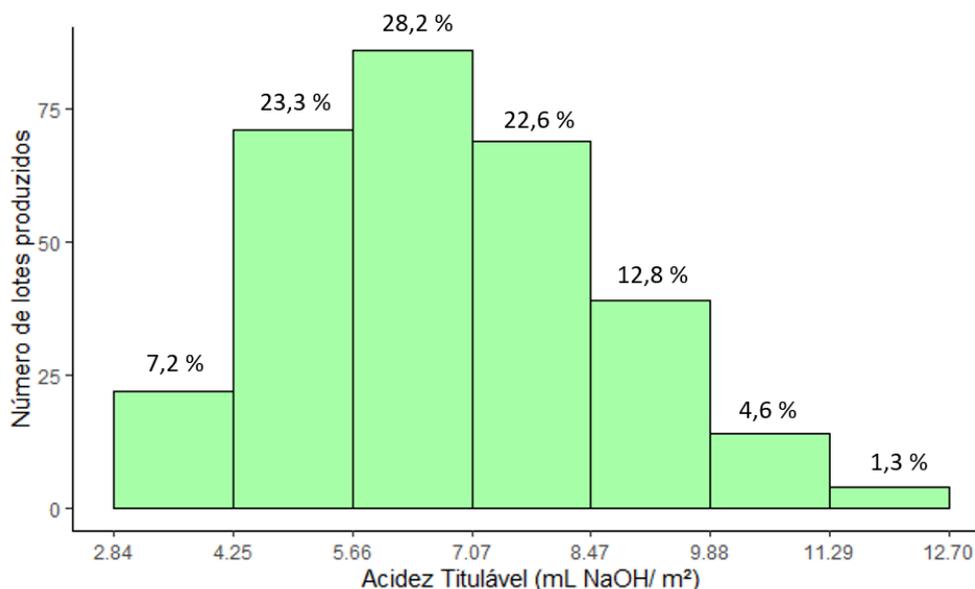
Fonte: Do autor (2022).

Pelos diagramas acima, nota-se o lote 13 apresentou menor pH (3,1). Esse lote foi seco sob alta radiação (acima de 3500 kJ m^{-2}), e com incidência de chuva ao final da tarde. Provavelmente foi seco rápido demais, concentrando os ácidos orgânicos como demonstrado pela alta acidez titulável ($10,30 \text{ mL NaOH } 100 \text{ g}^{-1}$), não dando tempo de sofrerem reações fotoquímicas.

5.3.3 Análise da acidez titulável

Na Figura 27 é apresentado um histograma com a distribuição da acidez titulável nos lotes de polvilho azedo.

Figura 27 – Histograma de distribuição da acidez titulável nos lotes produzidos de polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022).

A acidez titulável apresentou grande variabilidade, de 2,84 a 12,70 mL NaOH 100 g^{-1} . Segundo Cereda (1983), citado por Marcon (2009), isso se deve não somente ao teor dos ácidos formados, mas também à natureza desses ácidos, variando conforme o tamanho da cadeia e número de carboxilas.

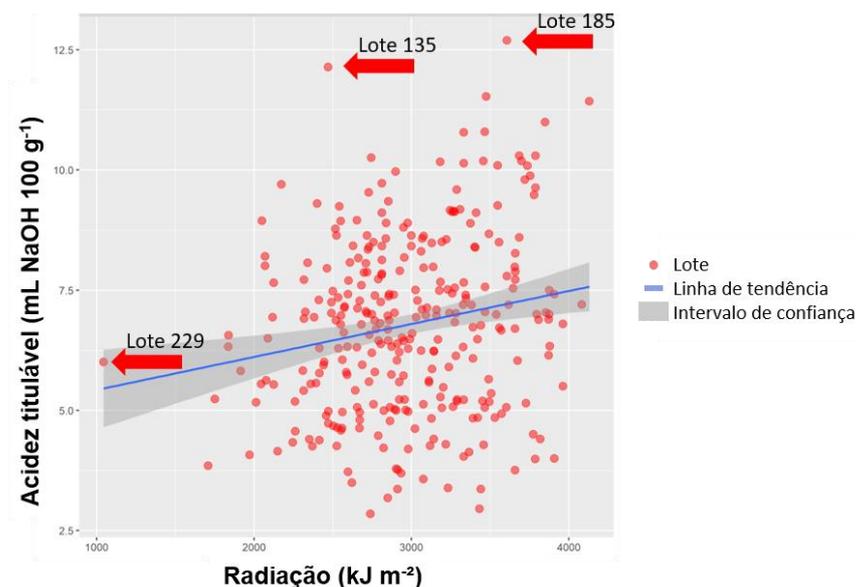
Na classificação proposta por Cereda e Vilpoux (2003), estão descritos produtos com acidez titulável abaixo de 3,0 mL NaOH 100 g⁻¹ não são fermentados, enquanto aqueles com acidez maior que 7,0 mL NaOH 100 g⁻¹ apresentam fermentação excessiva. Desse modo, se essa observação for considerada no presente trabalho, apenas dois lotes não apresentam fermentação, e 135 lotes (44%) tiveram excesso de fermentação. O excesso de fermentação pode causar maior fragmentação das cadeias glicosídicas nessa etapa, diminuindo a viscosidade de seus produtos e podendo afetar diretamente a formação da rede responsável pela expansão ao forno.

Ainda segundo a classificação interna da Empresa X, dois lotes estariam fora do padrão, com acidez titulável menor que 3,0 mL NaOH 100 g⁻¹. Considerando os dados de umidade do produto disposto na Tabela 8, Apêndice A, 23 lotes apresentaram umidade acima de 17%, estando também fora do padrão.

Considerando as quatro variáveis (umidade do produto, pH, acidez titulável e volume específico), observa-se o seguinte resultado: 28 lotes (9,2 %) classificariam-se como polvilho azedo de baixa expansão enquanto 172 lotes (56,4 %) seriam polvilho azedo de alta expansão. Os demais 105 lotes (34,4 %) estariam fora do padrão. Esses valores que o padrão adotado pela empresa precisa ser revisto, ou ainda haver maior controle durante as operações de fermentação e secagem. Outra medida que pode ser adotada seria a mistura de lotes, para obter um novo lote com a média de seus parâmetros.

Na Figura 28 é apresentado o diagrama de dispersão da acidez titulável em função da radiação, para polvilho azedo.

Figura 28 – Gráfico de dispersão de dados da acidez titulável com radiação do polvilho azedo seco ao sol, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022).

Pela Figura 28, percebe-se um lote (229) seco em dia com baixa radiação, de 1044 kJ m⁻². Seco em junho de 2020, nota-se que além da radiação, há baixa temperatura média (18,37 °C) e amplitude térmica (4,6 °C), indicando que a secagem foi realizada em dia nublado. Porém, mesmo com essas condições, houve volume específico acima de 15,0 mL g⁻¹, demonstrando que existe a possibilidade de secar polvilho azedo de qualidade mesmo em dias não tão quentes.

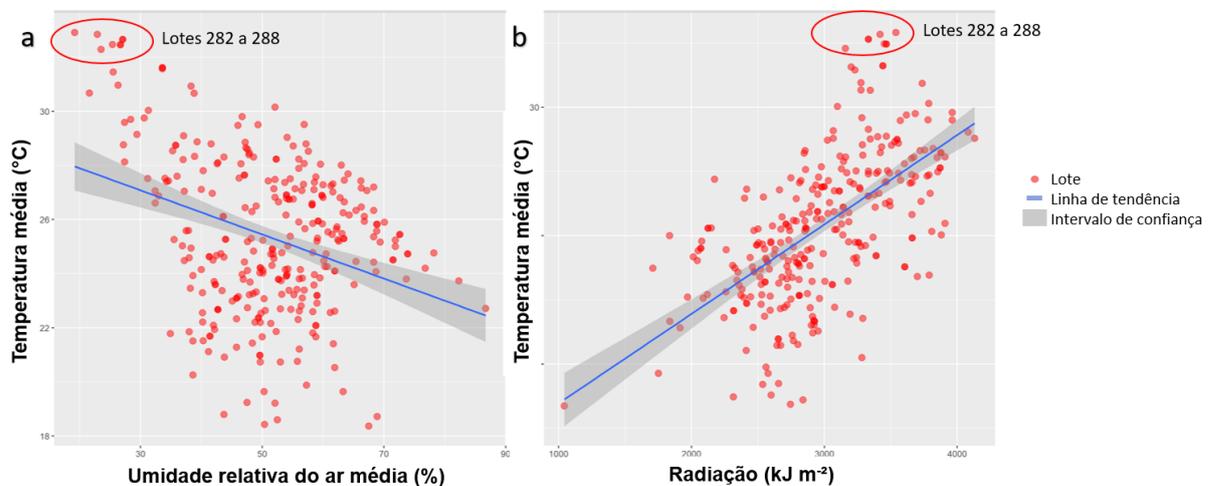
No lote 185 foi obtida a maior acidez titulável, 12,70 mL NaOH 100 g⁻¹. Esta amostra foi seca em dia de alta radiação (3606 kJ/ m²) e obteve-se o volume específico de quase 13 mL g⁻¹. Provavelmente, o efeito da incidência da radiação provocou maior velocidade de secagem desse polvilho, incorrendo em menor degradação de ácidos orgânicos, permitindo a alta acidez titulável e, assim, desfavorecendo a expansão do produto.

Nota-se também que o lote 135 como segunda maior acidez titulável (12,14 mL NaOH 100 g⁻¹), que apesar de ter sido seco em dia com chuva ao final da tarde, apresentou volume específico próximo de 15 mL g⁻¹, mesmo sendo obtida grande quantidade do produto (24 toneladas). Fato que evidencia a possibilidade de secagem do polvilho de boa qualidade utilizando-se os dados climáticos.

5.3.4 Análise dos atributos meteorológicos

Na Figura 29 são apresentados os diagramas de dispersão da temperatura média em função de outras variáveis correlacionadas, para polvilho azedo.

Figura 29 – Diagrama de dispersão de dados da temperatura média em função de a) umidade relativa do ar, e b) radiação, na secagem ao sol do polvilho azedo, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.

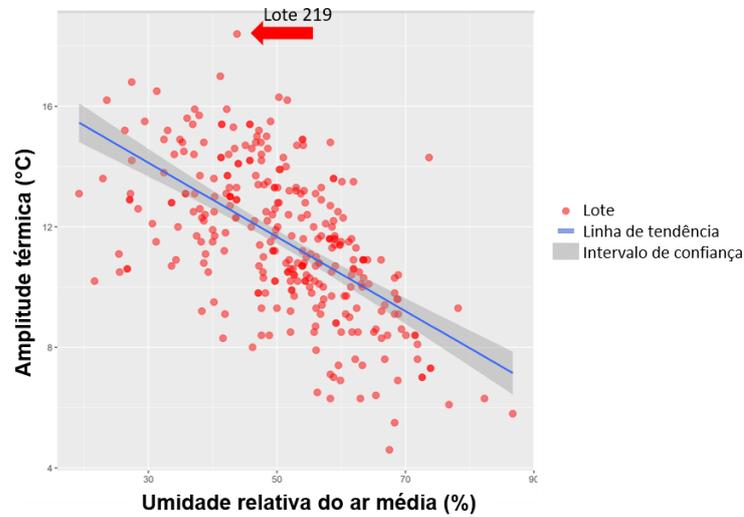


Fonte: Do autor (2022).

Pelo diagrama notam-se vários lotes secos em dias com alta temperatura média (acima dos 32 °C). Esses lotes (de 282 a 288) foram secos entre os dias 28 de setembro e 02 de outubro de 2020, os dois meses mais quentes do período analisado. Eles foram produzidos com umidade relativa do ar abaixo de 30% e radiação próxima a 3500 kJ m⁻², indicando o clima seco com sol intenso. Essas características influenciaram negativamente a expansão, com volume específico variando de 10,36 mL g⁻¹ a 13,66 mL g⁻¹.

Na Figura 30 são apresentados os diagramas de dispersão da amplitude térmica em função de outras variáveis correlacionadas, para polvilho azedo.

Figura 30 – Diagrama de dispersão de dados da amplitude térmica com a umidade relativa do ar média no polvilho azedo seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.

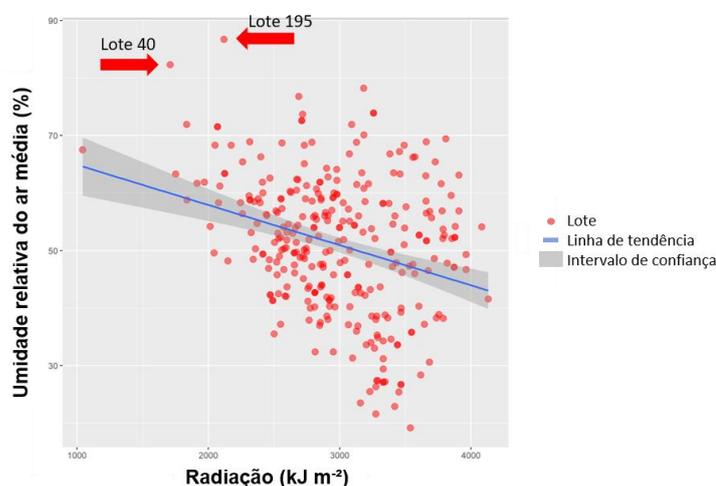


Fonte: Do autor (2022).

O lote de polvilho azedo seco sob maior amplitude térmica foi o de número 219. Com manhã fria (mínima de 7,3 °C) e com tarde quente (25,7 °C), provavelmente precisou de mais tempo de secagem, implicando em maior expansão de 16,05 mL g⁻¹.

Na Figura 31 são apresentados os diagramas de dispersão da umidade relativa do ar em função de outras variáveis correlacionadas, para polvilho azedo.

Figura 31 – Diagrama de dispersão de dados da umidade relativa do ar média com a radiação no polvilho azedo seco ao sol, durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2020.



Fonte: Do autor (2022).

O lote 195 foi produzido no dia de maior umidade relativa do ar média do período analisado, com 86,7%. Isso aconteceu por causa de chuva de 0,4 mm no período da manhã, influenciando na média da umidade relativa no dia inteiro, e diminuindo a amplitude térmica para 5,8 °C. Apesar disso, o polvilho desse lote apresentou bom volume específico, de 14,81 mL g⁻¹.

Já o lote de número 40 foi seco no dia de maior precipitação do período analisado, com 23,8 mm. A secagem da amostra ocorreu no dia da segunda maior umidade relativa do ar (82,3 %) e radiação abaixo dos 2000 kJ m⁻². Essa chuva ocorreu durante o período de 11 h às 13 h, demorando para a radiação solar chegar ao seu ápice, dificultando, portanto, a secagem. Essas condições climáticas refletiram no volume específico do lote, atingindo o valor de 12,78 mL g⁻¹.

5.4 Proposta de modelo de regressão para o volume específico dos polvilhos

O modelo de regressão consistiu na variável dependente como sendo o volume específico e as variáveis independentes sendo as demais variáveis (pH, acidez titulável,

temperatura média, amplitude térmica, umidade relativa do ar, radiação, precipitação). Desse modo, a constante e os coeficientes estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Estimativas para os parâmetros do modelo de regressão para polvilho doce e polvilho azedo.

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	p-valor
<i>Polvilho doce</i>			
Constante	11,1785	0,4155	5,47 x 10 ⁻¹⁶ ***
<i>Polvilho azedo</i>			
Constante	29,592097	4,548370	3,12 x 10 ⁻⁶ ***
pH	-2,323185	1,047637	0,038975 *
Acidez titulável	-0,192622	0,093483	0,053312 .
Temperatura média	-0,327102	0,083699	0,000945 ***
Radiação	0,001045	0,000477	0,041039 *
R ² (polvilho azedo)	0,4836		

Legenda: Significância: . 0,10; *0,05; *** 0,001

Fonte: Do autor (2022).

A análise do modelo de regressão para o polvilho doce obteve somente a constante, indicando que as variáveis independentes não explicam o volume específico desse produto. O que condiz com o mapa de correlação apresentado na Figura 13, em que o volume específico do polvilho doce não apresentou nenhuma correlação com as demais variáveis. Porém, o baixo número de amostras pode ter interferido nos testes, precisando de maior quantidade de dados para inferir adequadamente os resultados.

Ainda de acordo com a Tabela 6, as variáveis significativas para o modelo de regressão do polvilho azedo foram pH, acidez titulável, além dos atributos climáticos temperatura média e radiação. A equação encontrada foi: volume específico = 29,592097 -2,323185A -0,192622B -0,327102C + 0,001045D, sendo A = pH; B = acidez titulável (mL NaOH 100 g⁻¹); C = temperatura média (°C) e D = radiação (kJ m⁻²).

Rogerson (2012), citado por Mikari e Montanher (2020) afirma que alto valor do coeficiente de determinação (R^2) não é o objetivo para essa técnica. Por não ser realizado em ambiente controlado como um laboratório, muitos fatores influenciam no resultado de uma regressão com atributos climáticos, resultando em R^2 mais baixo. Bicalho (2011) propôs uma equação matemática relacionando casos de dengue com variáveis climáticas, obtendo um R^2 de 0,31 para a cidade de Cuiabá (MT) e 0,68 para a cidade de Lavras (MG). Já Mikari e Montanher (2020), ao estimarem uma equação envolvendo condições climáticas e registros de incêndios em Maringá (PR), encontraram R^2 de 0,65. Desse modo, o R^2 encontrado neste trabalho para o volume específico foi de 0,48, isso é, aproximadamente 52% das variações do atributo volume específico são explicados por fatores não incluídos nesse modelo.

O pH e a acidez titulável apresentaram influência negativa para esse modelo. Essas variáveis possuem correlação alta entre si e inversamente proporcionais. Devido a isso, o pH deve ser priorizado por ter coeficiente absoluto maior, no lugar da acidez titulável. Isso implica que com pH menor, haverá maior quantidade dos ácidos orgânicos no polvilho azedo, favorecendo o aumento do seu volume específico.

A temperatura média também apresentou influência negativa para o modelo apresentado. Ao realizar a secagem com temperaturas mais baixas, o polvilho azedo necessita de mais tempo, elevando seu tempo de exposição ao sol. O que permite mais reações fotoquímicas no polvilho azedo, melhorando assim sua expansão.

A radiação foi a única influência positiva do modelo, ao contrário do que apresentado na correlação de polvilho azedo (FIGURA 22). Uma possível explicação para esse fenômeno, seria que maior radiação global faria com que o polvilho azedo recebesse mais UV, favorecendo as reações fotoquímicas.

As diferenças entre os resultados do mapa de correlação e o modelo de regressão se deve à natureza dos testes. O teste de correlação de Pearson analisa as variáveis duas a duas, indicando sua correlação ou não, e sua intensidade. Já o modelo de regressão analisa todas as variáveis ao mesmo tempo, excluindo as não significativas. O modelo de regressão possivelmente teve a interferência de um ou mais pontos fora do padrão esperado, causando essa diferença com o mapa de correlação (LINO; XAVIER; COSTA E OLIVEIRA, 2019; RODRIGUES, 2017).

6. CONCLUSÃO

O polvilho doce apresenta na maioria de seus lotes algum tipo de fermentação, provavelmente ocasionado durante os processos de decantação e de secagem. Além disso, o volume específico não apresenta correlação com as demais variáveis, indicando ser possível produzi-lo dentro dos padrões de expansão independentemente das condições físico-químicas e de secagem. No teste de regressão também não houve nenhuma variável significativa.

No período de dezembro de 2018 a novembro de 2020, o volume específico do polvilho azedo apresentou correlação negativa com as variáveis temperatura média e radiação solar, e negativa com amplitude térmica e umidade relativa do ar média. Como resultado dessa avaliação, o polvilho azedo que apresentou alto valor de expansão foi aquele seco em dias com temperatura e radiação mais baixas, enquanto a umidade relativa do ar não pode ser baixa ou muito alta. Já o pH apresentou correlações que favorecem a fermentação, como aumento da temperatura e umidade relativa.

Muitas correlações, principalmente entre os atributos climáticos, foram similares entre os lotes de polvilhos doce e azedo, indicando que elas interagem independentemente do produto. Os resultados mais discrepantes entre os lotes de polvilho são causados normalmente por condições climáticas de secagem atípicas, como dias chuvosos e radiação excessiva.

Para o volume específico de polvilho azedo, as variáveis significativas da equação de regressão são pH, acidez titulável, temperatura média e radiação, com o coeficiente de determinação de 0,48. Essa equação é importante para ajudar a prever o volume específico dos lotes secos sob determinadas condições climáticas na cidade de Formiga (MG).

Por fim, as normas adotadas internamente pela Empresa X mostram-se ineficientes devido ao grande número de lotes fora do padrão estabelecido. É necessário rever essas práticas de fabricação para se obter melhor controle da produção, principalmente da umidade final do produto. Uma das sugestões para minimizar esse problema seria misturar os lotes, até atingir o padrão.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, P. V.; QUESADA, Y. A.; MARÍN, R. L.; LEIVA, R. B. Características de calidad y digestibilidad in vitro del almidón agrio de yuca (*Manihot esculenta*) producido en Costa Rica. **Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v.3, n.1, p. 1-13, 2012.
- ALLOG**. Mercado da saudade: alimentos brasileiros conquistam paladar estrangeiro. Maio. 2020. Disponível em: <<https://www.allog.com.br/blog/mercado-da-saudade/>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2021.
- ALVARADO, P. M.; GROSMIRE, L.; DUFOUR, D.; TORO, A.G.; SÁNCHEZ, T.; CALLE, F.; SANTANDER, M. A. M.; CEBALLOS, H.; DELARBRE, J. L.; TRAN, T. Combined effect of fermentation, sun-drying and genotype on breadmaking ability of sour cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, 98, p.1137-1146, 2013.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods**. 10th ed. St. Paul, Minnesota, 2000.
- APEX-BRASIL. **#BeDetermined: A Forno de Minas e o pão de queijo mineiro que conquistou o Brasil e o mundo**. 2015. Disponível em <<https://portal.apexbrasil.com.br/bedetermined-a-forno-de-minas-e-o-pao-de-queijo-mineiro-que-conquistou-o-brasil-e-o-mundo/>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.
- APEX-BRASIL. **#BeDiverse: e o nosso pãozinho de queijo ganha o mundo, uai!** 2018. Disponível em <<https://portal.apexbrasil.com.br/bediverse-e-o-nosso-paozinho-de-queijo-ganha-o-mundo-uai/>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.
- APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.27, n.3, p.478-484, jul.-set. 2007.
- AQUINO, A. C. M. S.; GERVIN, V. M.; AMANTE, E. R. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Braz. J. Food Technol.**, v. 19, e2015055, 2016.
- ASCHERI, D. P. R.; VILELA, E. R. Alterações do polvilho de mandioca pela fermentação, no fabrico de biscoitos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.30, n.2, p. 269-279, fev. 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. Disponível em: <https://abam.com.br/>. Acesso em: 01 de junho de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. Pão de Queijo expande mercado de Polvilho Azedo. **Revista ABAM**, São Paulo, v. 7, n. 15, p. 4-6, maio/junho 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. **Fecularias exportaram volume recorde em 2021: 32 mil toneladas**. 4 de maio de 2022.

Disponível em < <https://abam.com.br/fecularias-exportaram-volume-recorde-em-2021-32-toneladas/> >. Acesso em: 17 de maio de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS. **Categorias ABIMAPI crescem 20% em exportações no 1º semestre de 2020**. Agosto de 2020 Disponível em <<https://www.abimapi.com.br/noticias-detalle.php?i=NDIwMA==>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2022.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 17th. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2000.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4ª ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, RJ. 1996.

BEMILLER, J.; WHISTLER, R. **Starch Chemistry and Technology**. Elsevier Inc, 2009. 3rd edition. p. 569-578. 2009.

BERTOLINI, A. C.; MESTRES, C.; COLONNA, P. Rheological properties of acidified and UV-Irradiated starch. **Starch/Stärke**, 52, p.340-344, 2000.

BERTOLINI, A. C.; MESTRES, C.; COLONNA, P.; RAFFI, J. Free radical formation in UV- and gamma-irradiated cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, 44, p.269-271, 2001a.

BERTOLINI, A. C.; MESTRES, C.; RAFFI, J.; BULÉON, A.; LERNER, D.; COLONNA, P. Photodegradation of Cassava and corn starches. **J. Agric. Food Chem.**, p.675-682, 2001b.

BHAT, R.; KARIM, A. A. Impact of radiation processing on starch. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.8, p.44-58, 2009.

BICALHO, C. C. **Análise dos fatores climáticos na epidemia de dengue nas cidades de Cuiabá (MT) e Lavras (MG)**. 2011. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2011.

BOM DIA CIDADE. Baixa produção de mandioca no Sul de Minas faz o preço do polvilho disparar. **G1 – Sul de Minas**. Maio de 2022. Disponível em < <https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2022/05/11/baixa-producao-de-mandioca-no-sul-de-minas-faz-preco-do-polvilho-disparar.ghtml> >. Acesso em 17 de maio de 2022.

BRASIL. Resolução CNNPA n° 12, de 1978. Aprova “Normas técnicas especiais”. **Diário Oficial da União**, 24 de julho de 1978. Brasil. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, 1978.

BRASIL. Resolução RDC n° 259, de 20 de setembro de 2002. **Diário Oficial da União**; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o “Regulamento Técnico Para Produtos De Cereais, Amidos,

Farinhas E Farelos”. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005. 2005a.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 23 de 14 de dezembro de 2005. Regulamento Técnico De Identidade E Qualidade Dos Produtos Amiláceos Derivados Da Raiz De Mandioca. **Diário Oficial da União**, de 15 de dezembro de 2005. 2005b.

CARVALHO, E. P.; CANHOS, V. P.; RIBEIRO, V. E.; CARVALHO, H. P. Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília v.31, n.2, p. 129-137, fev. 1996.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Mandioca/Cepea: produção de fécula cresce pelo segundo ano consecutivo no Brasil. 12 de maio de 2022. Disponível em < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/mandioca-cepea-producao-de-fecula-cresce-pelo-segundo-ano-consecutivo-no-brasil.aspx> >. Acesso em: 17 de maio de 2022.

CEREDA, M.P. Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Vol 1 - **Propriedades Gerais do Amido**. Fundação Cargill, São Paulo, 2001. 207p.

CEREDA, M. P.; BRITO, V. H. S. Modificação de amido por fermentação - polvilho azedo. In: LIMA, U. A. (Coord.). **Biotecnologia Industrial**. Vol. 3, Cap. 16. Editora Edgard Blücher Ltda, 2019. p. 509-546.

CEREDA, M. P.; CHUZEL, G. C.; VILPOUX, O.; NUNES, O. L. G. S. Produção de polvilho azedo. In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. (Coord.). **Biotecnologia Industrial**. Vol. 3, Cap. 20. Editora Edgard Blücher Ltda, 2001. p.413-464.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. Polvilho azedo, critérios de qualidade para uso em produtos alimentares. In: CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. (Eds.). **Tecnologia, Usos e Potencialidades de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas**. Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Vol. 3. Cap. 13. Fundação Cargill, São Paulo, 2003. p.333-354.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I.M. Amidos modificados. In: CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. (Eds.) **Tecnologia, Usos e Potencialidades de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas**. Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Vol. 3. Cap. 12. Fundação Cargill, São Paulo, 2003. p.246-332.

CUSTODIO, A. L. D. Pão de queijo: a história por trás dessa delícia mineira. **Mega Curioso**, agosto de 2021. Disponível em:<<https://www.megacurioso.com.br/artes-cultura/119670-pao-de-queijo-a-historia-por-tras-dessa-delicia-mineira.htm>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2021.

DEMIATE, I. M.; BARANA, A. C.; CEREDA, M. P.; WOSIACKI, G. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. **Food Science and Technology**, 19, 1, 1999.

DEMIATE, I. M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J. P.; CEREDA, M. P.; WOSIACKI, G. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**, 42, p. 149-158, 2000.

DIAS, A. R.G.; ZAVAREZE, E. R.; ELIAS, M. C.; HELBIG, E.; SILVA, D. O.; CIACCO, C. F. Pasting, expansion and textural properties of fermented cassava starch oxidised with sodium hypochlorite. **Carbohydrate Polymers**, 84, p. 268-275, 2011a.

DIAS, A. R.G.; ZAVAREZE, E. R.; HELBIG, E.; MOURA, F. A.; VARGAS, C. G. CIACCO, C. F. Oxidation of fermented cassava starch using hydrogen peroxide. **Carbohydrate Polymers**, 86, p. 185-191, 2011b.

DÍAZ, A.; DINI, C.; VIÑA, S. Z.; GARCÍA, M. A. Technological properties of sour cassava starches: Effect of fermentation and drying processes. **LWT – Food Science and Technology**. 2018a. doi: 10.1016/j.lwt.2018.03.029.

DÍAZ, A.; DINI, C.; VIÑA, S. Z.; GARCÍA, M. A. Fermentation and drying effects on bread-making potential of sour cassava and ahipa starches. **Food Research International**. 2018b. doi: 10.1016/j.foodres.2018.08.081.

DINIZ, I. P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais**. 2006. 103p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2006.

DOMENEZ, E. P. **Propriedades tecnológicas de amido e farinha de arroz modificado por annealing**. 2016. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2016.

DUFOUR, D.; LARSONNEUR, S.; ALARCÓN, F.; BRABET, C.; CHUZEL, Z. Improving the bread-making potential of cassava sour starch. In: DUFOUR, D.; O'BRIEN, G. M.; BEST, R. (ed). **Cassava Flour and Starch: Progress in Research and Development**. Cap. 16. CIAT, 1996. p. 133-142.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa Agrossilvipastoril**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>>. Acesso em: 01 de novembro de 2021.

ERNESTO, M. Pão de queijo mineiro ganha sotaque internacional e extrapola fronteiras de Minas. **Estado de Minas**, agosto de 2018. Disponível em <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2018/08/18/internas_economia,981103/pao-de-queijo-mineiro-ganha-sotaque-internacional-e-extrapola-fronteir.shtml>. Acesso em: 26 de dezembro de 2021.

FAO. Supply Utilization Accounts. Disponível em <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/SCL>>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

FERREIRA FILHO, J. R.; SILVEIRA, H. F.; MACEDO, J. J. G.; LIMA, M. B.; CARDOSO, C. E. L. **Cultivo, processamento e uso da mandioca**: Instruções Práticas. Embrapa, Brasília, DF. 2013.

FLORES, M. Pão de queijo luta para conquistar estrangeiro. **Folha de São Paulo**, abril de 2018. Disponível em <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/04/pao-de-queijo-luta-para-conquistar-estrangeiro.shtml>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2021.

FORMIGA. **Prefeitura Municipal**. Plano municipal de saneamento básico. Mar. 2016.

GERVIN, V. M.; AQUINO, A. C. M. S.; AMANTE, E. R. Efeitos de modificação por ácidos orgânicos e do processo de secagem sobre as propriedades de expansão do amido de mandioca. **Rev Inst Adolfo Lutz**, São Paulo, 75:1693, 2016.

HORSTMANN, S.W.; LYNCH, K. M.; ARENDT, E. K. Starch Characteristics linked to gluten-free products. **Foods**, v. 6 (4), n. 29, 2017.

HOUCK, B. How pão de queijo became Brazil's Cheesy, Fun-Sized Breakfast Staple. **Eater**, Aug. 2016. Disponível em: <<https://www.eater.com/2016/8/8/12402578/pao-de-queijo-brazilian-cheesebread-gluten-free>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Edição IV. 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Glossário**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em 28 de junho de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **O que é radiação ultravioleta?** Disponível em < <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>. Acesso em 01 de abril de 2022.

LINO, E. D. S. M.; XAVIER, S. C. C.; COSTA E OLIVEIRA, R. A. A. Análise de correlação de fatores ambientais e sociais com o número de casos de doença de Chagas no Brasil. **Anais... XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Santos, 14 a 17 de abril de 2019.

LOBATO, B. Multimídia: banco de imagens. **Embrapa**, 2011. Disponível em < <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/5666002/polvilho-de-mandioca-secando-no-jirau>>. Acesso em 03 de abril de 2022.

MACHADO, A. C. S. D. V.; DINIZ, I. P.; TEIXEIRA, M. A. V.; BIRCHAL, V. S. Estudo do efeito da radiação ultravioleta nas propriedades tecnológicas de fécula de mandioca fermentada. **e-xacta**, Belo Horizonte, v.5, n.1, p.7-14, 2012.

MADEIRA, R. A. V. **Desenvolvimento de método para determinação da expansão de amido de mandioca**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2017.

MAEDA, K. C.; CEREDA, M. P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno de polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p.139-143, maio-ago., 2001.

MANIERO, V. Fábrica de pão de queijo faz sucesso na Suíça e produto conquista paladar local. **RFI**, Jan. 2022. Disponível em: <<https://www.rfi.fr/br/podcasts/brasil-mundo/20220122-f%C3%A1brica-de-p%C3%A3o-de-queijo-faz-sucesso-na-su%C3%AD%C3%A7a-e-produto-conquista-paladar-local>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

MARCON, M. J. A. **Proposta para o mecanismo de expansão do polvilho azedo com base nas características físico-químicas**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2009.

MARTINS, R. P.; GROSSMANN-MATHESON, G. S. **Meteorologia e Oceanografia**. Série Habitats. Elsevier, Rio de Janeiro. 254p. 2015.

MESTRES, C.; ROUAU, X. Influence of Natural Fermentation and Drying Conditions on the Physicochemical Characteristics of Cassava Starch. **Journal of Science Food and Agriculture**, 74, p. 147-155, 1997.

MICROSOFT Office for Windows 10. Version 2016 [s. l.]: Microsoft Corporation, 2016.

MIKARI, C.; MONTANHER, O. C. Variáveis climáticas e os registros de incêndios em Maringá – PR. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 16, v. 27, jul/dez 2020.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Exportação e Importação Geral**. Disponível em < <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em 20 de janeiro de 2022.

NEVES, E. C. A.; NEVES, D. A.; LOBATO, K. B. S.; NASCIMENTO, G. C.; CLERICI, M. T. P. S. Technological Aspects of Processing of Cassava Derivatives. In: KLEIN, C. (ed) **Handbook on Cassava: Production, Potential Uses and Recent Advances**. Cap. 6. Nova Science Publishers, Inc. 2017. p. 105-127.

OFICINA DE TEXTOS. Clima da região Sudeste: principais características. 30 de agosto de 2021. Disponível em: < <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/clima-da-regiao-sudeste/>>. Acesso em 23 de abril de 2022.

OLIVEIRA, D. I. de. **Polvilho azedo tradicional obtido com alteração na etapa de secagem solar**. 2019. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. 2019.

PENA, R. F. A. Elementos climáticos. **Mundo Educação UOL**. Disponível em < <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/elementos-climaticos.htm>>. Acesso em 13 de janeiro de 2022.

PEREIRA, J. **Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2001.

PLATA OVIEDO, M. S. V. **Secagem do amido fermentado de mandioca: Modificação química relacionada com a expansão e características físico-químicas**. 1998. 131p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 1998.

POLA JÚNIOR, A. C. **Análise do processo de produção do polvilho azedo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2013.

R CORE TEAM: **A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: 2021, <https://www.R-project.org/>.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 11, Vol. 17 – Jul/Dez, 2015.

RODRIGUES, E. C. **Modelos de Regressão Múltipla – Parte IX**. 21 de fevereiro de 2017. Disponível em http://professor.ufop.br/sites/default/files/ericarodrigues/files/regressaolinearmultipla_parte9.pdf > . Acesso em 03 de maio de 2022.

SOUZA, C. M. de; BRAGANÇA, M. G. L. **Processamento Artesanal de Mandioca: Produção de Polvilho**. Livraria virtual da EMATER/MG. Ago. 2000.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2, Recife. 2006. Disponível em https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf .

VATANASUCHART, N.; NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Effects of different UV irradiations on properties of cassava starch and biscuit expansion. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**, v.37, p. 334-344, 2003.

VATANASUCHART, N.; NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. **Carbohydrate Polymers**, v.61, p. 80-87, 2005.

VEJA. Dez comidas brasileiras que despertaram amor e ódio na Olimpíada. **Veja**, ago. 2016. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/cultura/dez-comidas-brasileiras-que-despertaram-amor-e-odio-na-olimpiada/>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2022.

VIANELLO, R. L. **A Estação meteorológica e seu observador**: Uma parceria secular de bons serviços prestados a humanidade. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Maio, 2011.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 448p. 2000.

WERNECK, G. Pão de queijo sai das cozinhas mineiras e ganha o mundo. **Estado de Minas Gerais**. Outubro de 2008. Disponível em < https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2008/10/26/interna_gerais,85085/pao-de-queijo-sai-das-cozinhas-mineiras-e-ganha-o-mundo.shtml > . Acesso em: 20 de maio de 2022.

APÊNDICE A – DADOS COLETADOS

Tabela 7 – Dados de polvilho doce fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
1	31/01/2019	8	6	11,07	14,21	3,53	3,80	29,25	14,8	44,9	3720	0
2	01/02/2019	6	6	9,04	16,85	4,33	3,28	29,14	14,7	44,4	3839	0
3	01/04/2019	7	6	7,14	13,63	4,6	2,90	26,77	10,4	55,7	2609	0
4	14/05/2019	2	6	13,35	17,56	3,93	3,17	26,39	9,7	62,8	2833	0
5	24/05/2019	21	8	11,91	16,81	4,08	3,08	25,25	7,2	56,9	2542	0,2
6	03/06/2019	24	8	11,63	17,57	3,56	4,06	22,84	13,1	65,6	2638	5,4
7	28/06/2019	17	14	5,02	15,47	3,96	4,93	24,3	13	49,5	2501	0
8	11/07/2019	10	6	10,84	15,32	3,88	3,66	20,32	14,8	44	2593	0
9	06/08/2019	27	8	9,87	17,43	3,69	2,87	19,64	7,4	63,3	1751	0
10	08/08/2019	26	8	10,05	15,97	3,65	2,68	24,33	14,5	54,1	2843	0
11	05/09/2019	1	6	10,65	16,69	3,92	4,76	27,84	14,5	44,9	3055	0
12	16/10/2019	23	8	11,56	16,34	3,93	4,86	27,7	10,7	43	3602	0
13	17/10/2019	20	8	9,73	15,68	3,88	5,60	28,33	11,1	38,9	3755	0
14	24/10/2019	7	6	8,23	16,82	3,71	5,86	25,81	7,7	57,7	3043	0
15	05/11/2019	6	6	11,95	15,96	3,53	4,57	30,21	9,6	46,7	3696	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 7 - Dados de polvilho doce fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (conclusão)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
16	21/11/2019	7	6	10,74	15,77	3,83	4,67	25,48	9,4	57,6	3289	0
17	27/11/2019	6	6	8,77	14,1	3,66	6,39	26,23	8,4	54,6	3204	0
18	27/11/2019	5	6	9,63	14,77	3,71	4,36	26,23	8,4	54,6	3204	0
19	02/12/2019	4	6	11,41	16,39	3,64	5,16	25,58	7	70,2	3072	1,4
20	18/02/2020	10	6	13,3	15,79	4,14	3,87	26,8	8,8	64	3489	0
21	20/03/2020	12	14	12,12	15,37	4,15	2,00	25,36	7,5	75,1	2679	0,4
22	03/04/2020	4	6	11,8	15,19	4,44	1,50	26,69	7,9	66,4	2738	6,2
23	26/04/2020	19	8	13,29	15,69	3,75	5,88	24,39	11,2	55,9	2768	0
24	27/04/2020	18	8	15,15	15,92	3,64	6,26	23,62	8,4	48,2	3050	0
25	24/06/2020	4	6	13,67	16,33	3,8	3,44	22,15	14,3	52,2	2558	0
26	07/07/2020	12	14	11,99	16,02	3,87	2,59	23,35	14,3	42,2	2580	0
27	14/08/2020	6	6	10,91	15,49	3,79	2,58	25,84	12,2	43,7	2825	0
28	11/09/2020	6	6	12,71	13,82	3,99	6,08	29,32	14,5	25,2	3175	0
29	09/10/2020	13	14	11,78	14,12	3,72	3,93	31,96	10,2	31,3	3041	0
30	28/10/2020	13	14	14,42	13,4	3,94	3,47	29,79	9,7	41,1	3420	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
1	18/12/2018	29	24	15,54	13,7	3,65	4,40	28,39	10,5	47,8	3818	0
2	20/12/2018	22	8	15,03	14,95	3,64	4,50	27,32	11,6	61,6	3773	6,2
3	21/12/2018	20	8	14,97	15,38	3,6	5,50	29,5	12,4	49,3	3963	0
4	02/01/2019	18	8	15,59	13,54	3,37	6,70	27,38	12	58,6	3658	0
5	03/01/2019	17	14	15,1	13,64	3,38	7,00	27,25	9	61,3	2749	0
6	07/01/2019	6	6	15,09	12,23	3,34	7,00	28,23	9,9	52,3	3876	0
7	07/01/2019	16	14	14,14	14,95	3,37	7,50	28,23	9,9	52,3	3876	0
8	08/01/2019	33	24	13,6	15,5	3,69	4,00	28,07	13,3	56,9	3908	3,8
9	10/01/2019	31	24	14,01	15,47	3,34	7,00	26,65	9,7	52,7	3796	0
10	16/01/2019	30	24	14,17	13,25	3,22	6,80	29,8	13,7	46,7	3962	0
11	21/01/2019	8	6	15,75	14,56	3,36	7,20	29,03	11,6	54,1	4082	0
12	23/01/2019	5	6	16,33	12,35	3,3	8,90	27,68	10,9	64,1	2977	0
13	25/01/2019	7	6	15,97	12,56	3,1	10,30	27,37	13,1	53,7	3788	0,6
14	29/01/2019	10	6	15,59	14,38	3,2	9,80	28,31	14,6	48,6	3720	0
15	30/01/2019	9	6	15,98	13,49	3,24	8,50	28,6	14,4	47,6	3557	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
31	27/03/2019	11	14	14,18	15,49	3,82	5,58	26,74	10,2	54,4	3112	0
32	27/03/2019	6	6	12,96	16	3,82	5,61	26,74	10,2	54,4	3112	0
33	29/03/2019	12	14	13,34	15,79	3,75	6,52	25,66	9,4	57	2941	0
34	02/04/2019	24	8	16,31	15,63	4,1	4,22	27,14	9,8	55,4	2823	0
35	03/04/2019	22	8	13,6	15,91	3,65	6,23	27,89	8,7	56	3144	0
36	04/04/2019	25	8	13,7	15,11	3,82	4,62	28,72	10	55,1	3023	0
37	05/04/2019	26	8	13,33	16,32	3,56	5,22	27,28	8,5	60	2957	0
38	10/04/2019	27	8	14,69	16,29	3,62	5,28	25,54	9,7	60,8	3185	0
39	11/04/2019	18	8	13,75	16,56	3,61	5,86	25,45	10	61,5	3131	0
40	15/04/2019	3	6	12,78	15,76	3,95	3,85	23,73	6,3	82,3	1709	23,8
41	22/04/2019	19	8	14,68	15,57	3,85	4,19	26,89	11,4	59,8	2979	0
42	22/04/2019	4	6	15,6	15,6	3,57	6,28	26,89	11,4	59,8	2979	0
43	25/04/2019	20	8	15,28	16,45	3,7	5,72	25,94	8,8	59,2	2949	0
44	25/04/2019	14	14	13,71	16,93	3,61	8,81	25,94	8,8	59,2	2949	0
45	29/04/2019	13	14	15,41	16	3,81	8,01	24,51	8,4	71,5	2070	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
46	29/04/2019	21	8	14,66	15,87	3,6	8,20	24,51	8,4	71,5	2070	0
47	01/05/2019	9	6	14,77	16,41	3,68	7,50	25,86	12,7	58,3	3026	0
48	06/05/2019	10	6	14,2	16	3,58	6,87	25,31	10,7	59,1	2859	0
49	07/05/2019	5	6	14,8	16,63	3,45	8,17	26,78	11,2	54	2662	0
50	08/05/2019	7	6	13,48	17,78	3,6	5,54	25,29	10,9	63,4	2125	0,8
51	08/05/2019	1	6	13,69	16,79	3,51	7,65	25,29	10,9	63,4	2125	0,8
52	11/05/2019	17	14	13,04	16,71	3,76	6,05	24,07	9,6	68,7	2561	0
53	13/05/2019	24	8	14,54	17,67	3,71	4,38	26,81	11,5	60	2415	0
54	20/05/2019	15	14	14,43	15,44	3,63	7,85	23,81	11	56,1	2813	0,2
55	21/05/2019	22	8	14,78	16,41	3,7	6,87	24,56	13,2	51,9	2766	0
56	22/05/2019	16	14	13,57	16,18	3,64	7,42	24,72	12,4	51,8	2597	0,2
57	23/05/2019	6	6	14,66	16,69	3,71	6,57	24,83	13,5	48,6	2733	0
58	27/05/2019	8	6	15,23	16,44	3,55	8,64	23,8	14,3	73,7	2718	0
59	28/05/2019	26	8	16,09	15,94	3,31	8,42	24,47	13,5	60,1	2629	0
60	29/05/2019	11	14	14,55	16,91	3,79	7,40	25,91	13,1	56	2887	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
61	31/05/2019	12	14	13,75	15,9	3,31	8,08	25,38	11	54,6	2610	0
62	01/06/2019	27	8	15,14	15,94	3,33	9,24	26,5	11,5	49	2541	0
63	04/06/2019	17	14	10,79	17,51	4,02	5,41	18,72	9,1	68,9	2316	0
64	05/06/2019	25	8	14,16	16,86	3,31	8,90	18,6	10,6	52,5	2839	0
65	07/06/2019	19	8	14,55	16,65	3,38	7,28	20,73	11,2	49,7	2672	0
66	10/06/2019	23	8	15,13	16,03	3,64	6,31	20,98	13,3	49,6	2654	0
67	10/06/2019	18	8	16,52	17,19	3,61	8,96	20,98	13,3	49,6	2654	0
68	13/06/2019	1	6	15,27	18,03	3,89	4,40	23,58	10,5	58,5	2351	0
69	14/06/2019	2	6	13,46	17,16	3,99	4,07	22,61	13,5	61,9	1971	0
70	17/06/2019	3	6	13,92	17,01	3,69	5,77	22,36	11,2	49,4	2416	0
71	17/06/2019	20	8	14,18	15,57	3,71	6,29	22,36	11,2	49,4	2416	0
72	19/06/2019	13	14	16,06	16,76	3,86	5,55	23,07	12,8	50,3	2360	0
73	24/06/2019	14	14	15,06	16,08	3,55	6,91	22,08	13,6	58,8	2317	0
74	24/06/2019	4	6	13,23	15,83	3,57	7,72	22,08	13,6	58,8	2317	0
75	25/06/2019	7	6	15,08	16,03	3,51	8,77	23,39	12,9	56,9	2516	0,2

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
76	27/06/2019	5	6	16,16	15,52	3,7	5,55	24,03	11,7	49,6	2044	0
77	01/07/2019	15	14	14,8	16,44	3,88	6,87	23,69	13,4	48	2520	0
78	02/07/2019	8	6	14,88	14,8	3,7	8,07	23,26	12,2	48,5	2341	0
79	03/07/2019	6	6	15,24	14,31	3,63	7,02	24,63	14,3	41,3	2491	0
80	03/07/2019	9	6	13,82	15,19	3,48	7,25	24,63	14,3	41,3	2491	0
81	08/07/2019	29	24	15,84	15,87	3,54	7,70	18,79	12,9	43,7	2600	0
82	10/07/2019	16	14	15,66	15,52	3,83	7,16	19,64	16,3	50,3	2576	0
83	13/07/2019	11	14	15,34	14,18	3,67	6,79	24,48	15,9	37,2	2551	0
84	15/07/2019	12	14	16,76	14,42	3,77	7,48	25,26	14,5	35,5	2501	0
85	17/07/2019	22	8	16,02	16,63	4,03	4,97	19,88	9,6	57,3	2561	0
86	18/07/2019	25	8	15,47	15,46	3,59	6,29	19,21	10,6	52,1	2536	0
87	19/07/2019	27	8	12,23	15,83	3,88	5,06	19,24	14,8	47,5	2655	0
88	22/07/2019	24	8	15,01	15,3	3,44	7,87	22,2	8,4	48,8	2699	0
89	23/07/2019	26	8	15,04	15,51	3,59	6,19	22,53	11,9	49,8	2748	0
90	24/07/2019	28	24	15,07	14,82	3,65	7,88	23,32	15,5	49	2718	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
91	26/07/2019	21	8	13,34	15,15	3,61	8,35	22,99	14,7	45,1	2723	0
92	29/07/2019	19	8	15,2	15,54	3,6	7,95	21,43	15	48,4	2464	0
93	30/07/2019	23	8	17,09	13,47	3,41	7,12	23,15	14,6	46,1	2657	0
94	31/07/2019	18	8	12,7	15,83	3,32	9,53	24,02	12,8	50,1	2729	0
95	02/08/2019	13	14	14,19	15,41	3,58	7,39	25,59	15,7	37,9	2768	0
96	06/08/2019	20	8	14,12	17,83	3,69	5,24	19,64	7,4	63,3	1751	0
97	09/08/2019	30	24	13,24	14,93	3,63	9,35	25,18	14,2	47,6	2854	0
98	12/08/2019	32	24	13,55	15,31	3,71	6,45	26,61	13,8	32,4	2952	0
99	14/08/2019	33	24	15,73	15,46	3,81	6,56	21,66	7	58,8	1838	0
100	16/08/2019	14	14	16,27	17,31	3,48	8,18	21,28	15,4	45,8	2954	0
101	17/08/2019	1	6	15,64	14,78	3,64	8,63	22,21	12,5	40,22	3078	0,4
102	19/08/2019	2	6	15,73	14,03	3,7	8,41	27,06	14,9	32,4	2813	0
103	20/08/2019	3	6	14,6	15,6	3,66	7,60	23,38	12,8	54,4	2682	0,4
104	21/08/2019	4	6	15,21	15,79	3,7	6,48	24,3	16,2	51,6	2991	0
105	22/08/2019	7	6	15,52	15,67	3,61	6,38	23,91	14,9	54	2805	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
106	22/08/2019	5	6	15,07	17,42	3,2	7,26	23,91	14,9	54	2805	0
107	24/08/2019	6	6	15,04	15,09	3,65	8,51	21,94	15,9	42,2	3193	0
108	26/08/2019	15	14	14,54	15,72	3,72	6,24	23,09	14,2	45,8	3061	0
109	26/08/2019	8	6	15,58	14,08	3,7	8,31	23,09	14,2	45,8	3061	0
110	27/08/2019	16	14	13,8	15,79	3,79	9,13	24,58	12,6	38	3276	0
111	29/08/2019	10	6	15,48	14,93	3,68	8,13	22,67	13	42,7	2812	0
112	29/08/2019	9	6	14,13	13,43	3,71	9,11	22,67	13	42,7	2812	0
113	29/08/2019	31	24	13,25	15,14	3,73	9,72	22,67	13	42,7	2812	0
114	30/08/2019	11	14	14,36	15,04	3,74	7,98	25,03	15,4	36,9	3139	0
115	31/08/2019	12	14	15,27	14,43	3,69	8,48	27,6	15,6	36	3129	0
116	03/09/2019	17	14	13,88	14,4	3,64	8,57	29,09	14,4	37,1	3068	0
117	04/09/2019	22	8	14,55	15,7	3,73	7,14	30,03	16,5	31,3	3099	0
118	06/09/2019	29	24	14,52	14,15	3,69	7,96	25,23	12	50,1	3078	0
119	10/09/2019	34	24	15,3	13,33	3,67	10,78	29,14	15,5	29,4	3332	0
120	12/09/2019	25	8	12,74	12,27	3,84	6,83	30,96	15,2	26,3	3275	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
121	13/09/2019	26	8	13,63	15,18	3,69	7,09	32,29	16,2	23,5	3159	0
122	14/09/2019	24	8	14,8	15,68	3,75	6,97	28,06	13,3	42,6	3160	0
123	16/09/2019	35	40	14,03	14,8	3,54	9,59	28,54	14,8	35,3	3287	0
124	18/09/2019	36	40	12,43	12,14	3,77	7,55	30,67	10,2	21,6	3275	0
125	20/09/2019	13	14	11,29	12,94	3,81	7,52	31,45	10,5	25,5	3230	0
126	21/09/2019	23	8	15,05	15,05	3,6	7,37	28,31	12,9	43,7	2855	0
127	23/09/2019	27	8	13,44	15,03	3,52	8,56	24,11	9,3	47,6	3222	0
128	24/09/2019	20	8	14,45	14,19	3,52	9,18	24,61	13,3	43,7	3309	0
129	27/09/2019	21	8	13,39	15,61	3,47	10,19	23,41	12	55,7	3699	0
130	30/09/2019	37	40	14,75	14,31	3,67	7,28	26,29	12,5	48,3	3039	0
131	02/10/2019	7	6	13,99	13,21	3,49	9,26	28,74	13,1	35,8	3548	0
132	02/10/2019	8	6	12,67	14,24	3,33	10,09	28,74	13,1	35,8	3548	0
133	04/10/2019	28	24	14,84	14,68	3,69	7,54	27,04	13,1	37,2	3645	0
134	07/10/2019	15	14	15,19	14,21	3,61	7,04	28,87	10,5	39,3	3467	0
135	09/10/2019	33	24	14,87	14,87	3,47	12,14	25,2	8,5	62,6	2470	3,4

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
136	14/10/2019	38	40	13,57	14,21	3,57	8,60	29,75	12,1	30,6	3684	0
137	17/10/2019	4	6	12,36	15,88	3,52	9,88	28,33	11,1	38,9	3755	0
138	18/10/2019	6	6	13,74	13,82	3,54	7,20	29,7	12,6	28,4	3618	0
139	19/10/2019	1	6	14,56	15,66	3,31	4,26	28,1	12,7	42,7	3118	0
140	23/10/2019	5	6	13,88	17,63	3,2	8,42	26,91	10,7	54	2999	0
141	23/10/2019	2	6	14,37	14,6	3,19	8,64	26,91	10,7	54	2999	0
142	25/10/2019	8	6	13,05	13,97	3,55	8,40	28,85	10,7	47,2	3402	0
143	28/10/2019	21	8	11,57	16,45	3,79	6,14	27,64	9,8	47,1	3872	0
144	28/10/2019	15	14	11,42	14,41	3,25	6,89	27,64	9,8	47,1	3872	0
145	29/10/2019	34	24	13,22	14,12	3,68	5,18	26,16	10,7	53,9	3494	0
146	30/10/2019	19	8	14,37	16,85	3,53	9,15	26,82	10,2	52,1	3268	0
147	04/11/2019	18	8	14,96	15,29	3,27	10,09	30,93	9,2	38,3	3736	0
148	11/11/2019	25	8	14	13,73	3,58	6,67	29,48	12	46	3571	0
149	12/11/2019	27	8	13,36	16,92	3,62	4,56	24,45	6,4	65,4	2262	0
150	13/11/2019	24	8	15,24	15,92	3,41	4,98	25,64	7,6	62,2	2980	2,6

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
151	22/11/2019	10	6	14,47	16,92	3,36	8,57	25,84	6,9	59,9	2838	0
152	25/11/2019	28	24	14,49	15,16	3,52	4,96	24,73	9,7	60,5	2672	0
153	04/12/2019	30	24	13,87	15,41	3,47	8,95	24,42	5,5	68,3	2051	0
154	16/12/2019	32	24	14,13	13,37	3,56	11,53	27,53	8	46,2	3475	0
155	17/12/2019	31	24	13,81	14,24	3,57	11,43	28,79	8,3	41,6	4130	0
156	06/01/2020	13	14	15,91	13,91	3,55	7,43	24,73	7,3	73,9	3259	2,4
157	06/01/2020	8	6	16,34	15,71	3,48	9,13	24,73	7,3	73,9	3259	2,4
158	07/01/2020	3	6	15,88	17,09	3,47	7,98	28,01	6,3	63	3656	0
159	09/01/2020	9	6	14,95	16,17	3,44	9,70	27,2	9,8	68,3	2173	0
160	10/01/2020	11	14	14,8	16,18	3,41	10,19	27,07	8,4	67,2	3457	1
161	13/01/2020	29	24	13,98	15,51	3,49	7,10	28,79	10	57,2	3068	0,4
162	16/01/2020	12	14	13,29	16,22	3,46	9,48	29,51	11,7	56,9	3780	0
163	17/01/2020	16	14	15,95	17,04	3,43	10,17	24,76	9,3	78,2	3183	16,6
164	21/01/2020	14	14	13,85	15,94	3,51	8,40	25,36	9,1	68,3	2731	0
165	27/01/2020	17	14	14,06	15,69	3,47	10,30	27,3	9,1	56,8	3685	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
166	29/01/2020	26	8	13,26	15,68	3,52	7,19	26,11	7,6	66,8	3382	0
167	30/01/2020	39	40	14,25	15,52	3,47	11,00	28,04	7,4	59,6	3848	0
168	17/02/2020	36	40	12,64	16,71	3,41	7,06	25,45	7	72,6	2712	0
169	17/02/2020	1	6	14,83	15,91	3,51	8,06	25,45	7	72,6	2712	0
170	19/02/2020	6	6	15,11	17,01	3,75	5,15	26,33	8,6	65,4	3728	0,4
171	27/02/2020	7	6	16,17	17,16	3,62	6,98	25,24	8,1	71,9	3091	0,8
172	04/03/2020	8	6	15,04	16,37	3,58	6,88	25,16	8,6	69,4	3809	0,2
173	05/03/2020	12	14	15,38	15,66	3,71	6,32	26,54	11,6	58,2	3329	0
174	05/03/2020	9	6	15,63	15,67	3,55	7,20	26,54	11,6	58,2	3329	0
175	09/03/2020	35	40	12,23	14,96	3,34	7,42	25,48	10,1	63,1	3908	0
176	11/03/2020	14	14	15,45	15,2	3,9	5,13	26,75	10,3	55,1	3077	0
177	12/03/2020	13	14	15,43	15,02	3,54	6,94	27,14	10,9	51,9	3030	0
178	13/03/2020	15	14	16,11	15,22	3,52	7,88	27,07	10,8	56,5	3659	0
179	15/03/2020	4	6	14,07	14,46	3,38	5,05	27,1	9,7	58,5	3193	0
180	16/03/2020	5	6	15,56	14,53	3,54	8,39	27,5	10,4	54,6	3405	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
181	17/03/2020	2	6	14,43	14,43	3,51	9,97	26,16	10,1	64,3	2900	0,2
182	18/03/2020	3	6	13,68	15,99	3,48	7,42	27,57	12,2	58,8	2858	0
183	24/03/2020	11	14	15,56	14,62	3,5	7,49	23,23	10,2	53,2	3178	0
184	25/03/2020	23	8	14,65	15,05	3,46	7,79	23,79	10,4	52,7	3606	0
185	25/03/2020	22	8	12,97	16,76	3,41	12,70	23,79	10,4	52,7	3606	0
186	26/03/2020	16	14	14,99	15,61	3,63	7,03	23,83	10,1	56,6	2893	0
187	30/03/2020	17	14	14,05	15,63	3,61	7,73	25,57	9,6	68,8	2789	0
188	31/03/2020	21	8	14,09	16,21	3,7	6,39	26,8	10,5	62,8	2910	0
189	02/04/2020	20	8	14,99	14,34	3,63	7,67	25,9	8,4	70,1	3185	0,2
190	06/04/2020	19	8	13,47	15,32	3,56	9,30	26,46	9,2	66,3	2400	0
191	08/04/2020	18	8	9,96	17,15	3,66	5,95	24,2	6,1	76,8	2688	4,8
192	13/04/2020	25	8	14,5	16,51	3,6	6,68	24,1	10,6	61,9	2850	0
193	13/04/2020	24	8	13,89	17,23	3,62	6,97	24,1	10,6	61,9	2850	0
194	14/04/2020	26	8	14,01	16,82	3,68	5,59	23,59	8,5	65,1	2730	0,6
195	16/04/2020	27	8	14,81	16,94	3,49	6,94	22,71	5,8	86,7	2119	0,4

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
196	17/04/2020	7	6	14,27	16,63	3,61	4,80	25,25	9,3	62,4	2672	0
197	20/04/2020	8	6	14,16	16,46	3,67	6,08	24,22	10,2	49,7	3390	0
198	20/04/2020	6	6	14,79	14,52	3,56	6,73	24,22	10,2	49,7	3390	0
199	21/04/2020	1	6	15,93	16,69	3,47	7,02	24,15	12,3	53,8	3242	0,2
200	22/04/2020	9	6	15,51	16,85	3,88	3,49	24,26	12,3	60,3	2622	0
201	23/04/2020	3	6	15,27	16,62	3,97	2,85	25,2	11,4	59	2740	0
202	24/04/2020	10	6	14,59	15,22	3,62	4,99	24,26	9,1	60,7	2824	0
203	28/04/2020	2	6	15,84	15,69	3,88	5,74	22,74	8,4	47,6	2873	0
204	30/04/2020	5	6	15,77	14,37	3,6	6,60	23,22	11	47,9	3004	0
205	01/05/2020	14	14	15,92	14,9	3,76	6,32	24,43	13,4	47,1	2875	0
206	04/05/2020	15	14	16,44	15,69	3,71	6,04	23,22	11,1	55,2	2908	0
207	05/05/2020	12	14	15,86	16,22	3,6	6,45	23,96	11,3	58,6	2791	0
208	06/05/2020	16	14	14,74	16,83	3,92	3,72	24,77	10,8	53,2	2597	0
209	11/05/2020	11	14	16,23	16,54	3,49	7,91	21,66	9,3	50	2926	0
210	12/05/2020	17	14	15,51	16,58	3,78	5,02	22,19	12,6	49,7	2894	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
211	13/05/2020	7	6	12,9	16,72	3,81	4,58	23,19	11,6	59	2553	0
212	13/05/2020	21	8	17,53	15,88	3,65	6,97	23,19	11,6	59	2553	0
213	18/05/2020	8	6	14,33	16,75	3,78	5,57	22,59	14,8	58,3	2394	0
214	20/05/2020	6	6	15,08	16,96	3,84	4,33	21,81	7,1	58,3	2246	0
215	21/05/2020	22	8	16,69	17,26	3,71	5,18	22,81	11,6	56,4	2260	0
216	22/05/2020	5	6	15,21	16,98	3,61	6,94	22,91	11,7	59	2381	0
217	26/05/2020	20	8	15,94	16,11	3,52	10,26	18,43	13,9	50,4	2745	0
218	28/05/2020	4	6	16,34	15,31	3,59	8,50	21,12	17	41,2	2759	0
219	29/05/2020	23	8	16,05	15,65	3,83	5,79	20,91	18,4	43,8	2768	0
220	01/06/2020	9	6	15,99	17,01	3,81	5,41	20,73	13,2	53	2643	0
221	02/06/2020	24	8	16,16	16,8	3,83	4,63	22,16	14	51,4	2670	0
222	03/06/2020	13	14	16,44	15,49	3,61	7,05	23,74	14,7	53,1	2327	0
223	04/06/2020	25	8	16,23	15,8	3,82	5,82	23,84	12,5	59,5	2310	0
224	06/06/2020	1	6	16,43	16,85	3,75	6,50	22,56	11,5	61,2	2087	0
225	10/06/2020	26	8	16,41	15,59	3,82	5,16	24,17	10,8	54,2	2014	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
226	13/06/2020	27	8	15,68	16,4	3,9	4,68	24,72	10,8	51,4	2505	0
227	15/06/2020	2	6	15,58	15,67	3,72	7,02	22,3	10,2	55,9	2718	0
228	16/06/2020	3	6	17,23	16,83	3,77	5,82	21,41	8,5	61,7	1915	0
229	17/06/2020	10	6	15,38	17,06	3,8	6,00	18,37	4,6	67,5	1044	0
230	18/06/2020	18	8	15,94	15,96	3,71	6,81	20,76	8,5	55,8	2801	0
231	22/06/2020	12	14	14,67	15,83	3,61	6,32	22,64	13,9	50,5	2593	0,2
232	23/06/2020	16	14	16,44	15,81	3,76	5,74	22,09	11,8	42	2592	0
233	25/06/2020	11	14	13,94	16,17	3,82	4,64	22,7	13,3	53	2530	0
234	26/06/2020	17	14	16,34	16,67	3,78	4,63	24,12	13,3	50,1	2560	0
235	29/06/2020	19	8	15,32	15,67	3,51	7,29	20,53	10,9	61,9	2411	0
236	01/07/2020	15	14	15,07	16,25	3,56	6,01	22,62	9,3	56,1	2445	0
237	02/07/2020	14	14	14,61	15,59	3,62	8,94	21,86	11,7	52,3	2550	0
238	03/07/2020	8	6	16,08	15,78	3,67	8,64	22,33	15,4	45,8	2525	0
239	06/07/2020	7	6	16,23	15,79	3,72	7,14	23,97	14,8	46,7	2574	0
240	08/07/2020	28	24	15,54	15,54	3,72	5,79	23,7	13,1	42,1	2586	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
241	13/07/2020	29	24	15,97	17,06	3,68	7,35	24,67	14,4	42,5	2534	0
242	15/07/2020	30	24	15,38	15,81	3,77	6,62	23,98	14,7	54,1	2571	0
243	16/07/2020	20	8	13,11	17,32	3,91	4,25	22,68	12,4	54,7	2371	19,8
244	21/07/2020	33	24	15,74	16,1	3,7	6,69	24,15	11,9	40	2776	0
245	23/07/2020	21	8	13,84	15,88	3,93	5,13	23,37	14,6	43,4	2759	0
246	24/07/2020	32	24	14,73	15,94	3,73	7,81	23,29	9,5	40,2	2810	0
247	27/07/2020	6	6	12,81	15,54	4,07	4,26	23,1	10,8	56,6	2526	0
248	29/07/2020	23	8	14,33	13,74	3,78	6,45	25,58	11,7	37,5	2854	0
249	30/07/2020	25	8	13,96	15,18	3,74	4,89	23,79	15	46,9	2459	0
250	31/07/2020	24	8	14,14	17,6	3,83	3,76	21,21	7,9	56,1	2913	0
251	03/08/2020	27	8	14,09	14,44	3,93	3,78	21,51	10,8	38,6	2903	0
252	04/08/2020	26	8	15,71	14,91	3,92	3,36	21,85	13,7	38	2912	0
253	05/08/2020	22	8	15,06	14,44	3,71	5,23	21,69	15,4	41,4	2922	0
254	05/08/2020	5	6	15,07	15,44	3,78	5,59	21,69	15,4	41,4	2922	0
255	06/08/2020	13	14	12,61	16,81	3,72	6,21	21,52	13	40,3	2923	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
256	07/08/2020	35	40	13,47	15,48	3,78	5,00	22,55	13,6	40,2	2964	0
257	11/08/2020	1	6	15,88	16,54	3,8	4,72	23,59	13,7	42,3	2472	0
258	11/08/2020	9	6	13,59	16,29	3,75	4,98	23,59	13,7	42,3	2472	0
259	13/08/2020	2	6	13,11	15,38	3,74	4,78	25,27	14,1	44	2865	0
260	13/08/2020	10	6	13,5	15,43	3,73	5,06	25,27	14,1	44	2865	0
261	17/08/2020	3	6	15,25	14,57	3,85	4,15	25,3	9,8	48,2	2149	0
262	18/08/2020	4	6	15,46	13,74	3,81	4,47	26,44	15,2	47,2	2789	0
263	19/08/2020	36	40	12,33	15,25	3,97	3,69	26,97	11,2	41,8	2935	0
264	20/08/2020	37	40	14,27	15,59	4,03	3,18	28,21	12,5	37	2849	0
265	25/08/2020	11	14	16,04	14,39	3,75	7,02	20,25	12,2	38,6	3283	0
266	26/08/2020	16	14	16,1	13,63	3,93	5,19	21,78	14,9	34,9	3290	0
267	27/08/2020	14	14	15,39	16,14	3,62	9,16	23,93	14,8	38,6	3245	0
268	28/08/2020	15	14	13,27	15,32	4,05	3,38	24,74	15,3	43,2	3233	0
269	31/08/2020	12	14	14,82	13,19	3,72	5,90	27,52	14,4	34	3238	0
270	01/09/2020	17	14	13,48	15,64	3,98	4,40	26,11	12,3	43,6	3142	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
271	01/09/2020	19	8	14,53	14,88	3,78	6,24	26,11	12,3	43,6	3142	0
272	02/09/2020	18	8	13,62	15,77	4,01	5,00	24,5	9,1	41,9	2903	0
273	03/09/2020	20	8	14,02	15,43	4,22	4,13	24,94	12,3	38,3	3367	0
274	04/09/2020	7	6	14,73	13,92	4,05	5,07	26,87	15,2	33	3265	0
275	07/09/2020	28	24	13,55	14,52	4,01	5,22	28,13	16,8	27,4	3290	0
276	09/09/2020	29	24	12,91	14,09	3,94	6,13	29,59	14,2	27,4	3282	0
277	14/09/2020	30	24	14,8	14,76	4,02	5,22	27,51	11,5	31,2	3333	0
278	15/09/2020	8	6	14,42	15,97	4,27	4,04	27,4	10,9	34,3	3332	0
279	16/09/2020	34	24	14,02	14,35	3,88	4,84	27,43	12	34,6	3391	0
280	17/09/2020	31	24	14,59	14,99	3,72	7,33	28,76	13,1	27,2	3346	0
281	25/09/2020	33	24	13,3	14,14	3,75	7,57	27,11	11,5	40	3468	0
282	28/09/2020	13	14	13,66	11,93	3,61	6,99	32,91	13,1	19,2	3539	0
283	29/09/2020	23	8	12,06	10,85	3,66	6,48	32,84	13,6	22,9	3420	0
284	30/09/2020	25	8	10,36	15,89	3,71	7,66	32,65	12,9	27,1	3332	0
285	30/09/2020	24	8	11,86	15,07	3,49	10,14	32,65	12,9	27,1	3332	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (continua)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
286	01/10/2020	27	8	12,23	16,18	3,64	5,05	32,46	10,6	26,7	3466	0
287	01/10/2020	26	8	11,36	14,43	3,46	10,80	32,46	10,6	26,7	3466	0
288	02/10/2020	36	40	12,97	14,75	3,81	5,19	32,47	11,1	25,4	3452	0
289	05/10/2020	10	6	15,56	14,49	3,78	7,40	30,66	12,4	38,8	3345	0
290	06/10/2020	32	24	15,04	13,76	3,9	3,36	31,61	12,8	33,6	3440	0
291	06/10/2020	9	6	14,72	14,11	3,61	6,77	31,61	12,8	33,6	3440	0
292	08/10/2020	21	8	14,11	15,81	3,59	5,48	31,57	10,7	33,6	3202	0
293	13/10/2020	2	6	13,98	13,44	3,6	6,03	28,06	12,2	46,5	3674	0
294	14/10/2020	1	6	14,78	15,6	3,63	5,64	27,43	14,3	51	3492	3
295	22/10/2020	22	8	15,42	16,38	3,6	5,62	24,78	6,3	58,3	2078	0
296	23/10/2020	8	6	15,4	15,62	3,56	5,94	24,15	6,5	56,3	2442	0
297	26/10/2020	4	6	15,67	14,45	3,46	6,34	25,03	13,2	54,2	3879	0,2
298	27/10/2020	26	8	13,76	14,95	3,89	2,95	28,46	10,3	47,9	3432	0
299	30/10/2020	3	6	16,3	13,68	3,47	6,32	25	7,6	71,9	1836	0,2
300	02/11/2020	14	14	16,25	14,12	3,41	9,63	23,46	11,5	38,2	3788	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET (conclusão)

Lote	DS	Tanque	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
301	05/11/2020	5	6	16,01	13,67	3,51	7,72	24,91	10,5	51,7	3660	0
302	05/11/2020	15	14	17,03	13,37	3,49	8,27	24,91	10,5	51,7	3660	0
303	06/11/2020	24	8	16,81	14,14	3,64	5,06	27,8	11,7	40,3	3603	0
304	07/11/2020	23	8	14,93	15,42	3,63	4,85	28,65	11,4	47,3	3530	0
305	09/11/2020	16	14	16,17	14,64	3,43	7,04	27,48	8,5	52,1	3853	0

Legenda: DS = Data de secagem; Tanque = Tanque de decantação; Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE B – VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS

Tabela 9 – Variáveis estatísticas dos dados de polvilho doce fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET

Medida	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
Moda	6,00	-	-	3,53	-	26,23	8,40	44,90	3204,00	0,00
Mediana	6,00	11,49	15,78	3,85	3,90	26,04	10,30	53,15	3041,75	0,00
Média	7,87	11,12	15,68	3,88	4,08	26,03	10,85	51,82	3003,74	0,45
Desvio padrão	2,92	2,15	1,15	0,26	1,32	2,83	2,76	11,35	470,28	1,48

Legenda: Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)

Tabela 10 – Variáveis estatísticas dos dados de polvilho azedo fornecidos pela Empresa X e coletados pelo site do INMET

Medida	Prod	VE	UP	pH	AT	TM	AmpT	UR(%)	Rad	Prec
Moda	6,00	14,80	15,79	3,61	7,00	28,23	10,50	54,00	2812,00	0,00
Mediana	8,00	14,73	15,59	3,64	6,83	25,23	11,50	52,10	2934,90	0,00
Média	11,53	14,59	15,44	3,65	6,78	25,36	11,53	51,11	2977,12	0,36
Desvio padrão	7,82	1,24	1,17	0,19	1,83	2,90	2,46	11,82	503,66	2,15

Legenda: Prod = Produção (ton.); VE = Volume específico (mL/ g); UP = Umidade final do polvilho (%); AT = Acidez titulável (mL NaOH/ 100 g); TM = Temperatura média (°C); AmpT = Amplitude térmica (°C); UR(%) = Umidade relativa do ar média (%); Rad = Radiação (kJ/ m²); Prec = Precipitação (mm).

Fonte: Autor (2022)