

RAFAEL BOMBACHI

**CONFORMIDADE DAS AMOSTRAS OFICIAIS DE QUEIJO MINAS ARTESANAL
COM CRITÉRIOS MÍNIMOS DE TEMPO DE MATURAÇÃO E UMIDADE E SUAS
RELAÇÕES COM MICRORGANISMOS INDICADORES DE QUALIDADE E
SEGURANÇA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Luís Augusto Nero

VIÇOSA – MINAS GERAIS
2023

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

B695c
2023

Bombachi, Rafael, 1980-

Conformidade das amostras oficiais de queijo minas artesanal com critérios mínimos de tempo de maturação e umidade e suas relações com microorganismos indicadores de qualidade e segurança / Rafael Bombachi. – Viçosa, MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (70 f.): il. (algumas color.).

Texto em português e inglês.

Orientador: Luis Augusto Nero.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Veterinária, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.781>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Queijo-de-minas - Controle de qualidade.
2. Queijo-de-minas - Contaminação. I. Nero, Luis Augusto, 1975-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária. III. Título.

CDD 22. ed. 658.568


RAFAEL BOMBACHI

**CONFORMIDADE DAS AMOSTRAS OFICIAIS DE QUEIJO MINAS ARTESANAL
COM CRITÉRIOS MÍNIMOS DE TEMPO DE MATURAÇÃO E UMIDADE E SUAS
RELAÇÕES COM MICRORGANISMOS INDICADORES DE QUALIDADE E
SEGURANÇA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 27 de novembro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL BOMBACHI**
Data: 22/12/2023 15:14:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rafael Bombachi

Autor

Documento assinado digitalmente
 **LUIS AUGUSTO NERO**
Data: 22/12/2023 15:00:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luís Augusto Nero

Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos os colegas do Instituto Mineiro de Agropecuária que um dia passaram na minha vida profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho em todos os momentos.

Aos meus pais, Luiz Eduardo e Maria José, pelo apoio incondicional e incentivo durante essa trajetória e em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão, Leandro, pela amizade sincera, pelo apoio e pelos melhores momentos de conversas e distrações.

Ao meu orientador, Luís Augusto Nero, pela oportunidade, orientação, norteamento e incentivo durante toda a execução do trabalho.

Ao Anderson pelo apoio, incentivo, paciência e profissionalismo, tornando possível esse trabalho.

Aos meus colegas de Instituto Mineiro de Agropecuária, principalmente da Gerência de Inspeção de Produtos de Origem Animal, dos Laboratórios de Microbiologia e de Físico-Química de Alimentos e da Coordenadoria Regional de Viçosa pelo apoio e colaboração.

À Universidade Federal de Viçosa por me dar a oportunidade de realizar este trabalho de pós-graduação. À FAPEMIG, CNPq e CAPES, pelo apoio às atividades de pesquisa relacionadas ao tema dessa dissertação.

RESUMO

BOMBACHI, Rafael, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2023. **Conformidade das amostras oficiais de queijo minas artesanal com critérios mínimos de tempo de maturação e umidade e suas relações com contagens de microrganismos indicadores de higiene.** Orientador: Luís Augusto Nero.

O estado de Minas Gerais produz anualmente em torno de 33 mil toneladas de queijos artesanais e o Queijo Minas Artesanal (QMA) é a variedade mais popular, com uma produção de aproximadamente 22 mil toneladas por ano. De acordo com estudos de caracterização conduzidos por agências do governo do estado, existem atualmente 10 microrregiões oficialmente reconhecidas como produtoras de QMA: Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Serra do Salitre, Serras da Ibitipoca, Serro e Triângulo Mineiro. O Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) é o órgão responsável pela inspeção sanitária dos estabelecimentos produtores registrados no Serviço de Inspeção Estadual (SIE). Até o mês de outubro de 2023 constavam no cadastro do IMA um total de 137 estabelecimentos registrados pelo SIE; deste total, 108 estavam certificados pelo “Selo ARTE” e habilitados para venda interestadual. O diagnóstico sobre a qualidade e inocuidade desses produtos é feito por análise de amostras indicativas, que são oficialmente coletadas e analisadas pelo IMA. Essas amostras precisam atender critérios microbiológicos e físico-químicos para serem consideradas aptas ao comércio e consumo. Considerando isso, o presente estudo teve como objetivo fornecer uma análise crítica dos dados oficiais obtidos pelo IMA a partir do diagnóstico sobre a conformidade do QMA em relação ao período mínimo de maturação e critérios físico-químicos e microbiológicos, além de associar o tempo mínimo de maturação, umidade e embalagem às características microbiológicas, permitindo identificar como esses fatores podem influenciar as contagens de microrganismos indicadores de qualidade e segurança, e também os aspectos de identidade do produto. Um total de 1.803 amostras processadas pelos laboratórios do IMA entre janeiro de 2010 a maio de 2023 foram analisadas; pelo menos 4 regiões produtoras de QMA apresentaram altas frequências de amostras de QMA com períodos de maturação inferiores aos seus padrões oficiais, enquanto o não cumprimento do teor de a umidade foi observado em menor proporção. Os dados analisados revelaram ausência de *Salmonella* e baixa ocorrência de *L. monocytogenes* nas amostras de QMA. As contagens de coliformes totais, *Escherichia coli* e estafilococos coagulase positiva foram significativamente maiores ($p < 0,0001$) nas amostras em não conformidade com o tempo

mínimo de maturação e teor de umidade; quando esses dados foram analisados por região produtora, essa tendência se manteve mais evidente apenas para o QMA produzido no Serro. Em relação às amostras embaladas a vácuo obtidas na região do Serro, também foi verificada a mesma tendência, com elevada não conformidade com o período mínimo de maturação e o teor de umidade. No presente estudo ainda foi verificado que a falta de dados relativos ao período mínimo de maturação dificultou uma análise mais detalhada sobre sua adequação ao longo dos anos de amostragem, pois esta informação esteve ausente para todas as amostras de QMA obtidas e processadas desde 2022 (n = 150). Os dados apresentados indicam a necessidade de implementação de programas educacionais para melhorar a adequação do QMA aos critérios oficiais.

Palavras-chave: Queijo Minas Artesanal. Inspeção. Qualidade. Inocuidade. Conformidade

ABSTRACT

BOMBACHI, Rafael, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November 2023. **Compliance of official samples of Minas artisanal cheese with minimum ripening time and moisture criteria and association with counts of hygiene indicator microorganisms.** Adviser: Luís Augusto Nero.

The state of Minas Gerais produces around 33 thousand tons of artisanal cheeses annually, being the Minas Artisanal Cheese (in Portuguese: Queijo Minas Artesanal, QMA) the most popular variety, with a production nearly to 22 thousand tons per year. According to studies conducted by state government agencies, there are currently 10 microregions officially recognized as producer of QMA: Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Serra do Salitre, Serras da Ibitipoca, Serro and Triângulo Mineiro. The Minas Gerais Agricultural Institute (in Portuguese: Instituto Mineiro de Agropecuária, IMA) is the public agency responsible for the inspection of producer farms registered by the State Inspection Service (In Portuguese: Serviço de Inspeção Estadual, SIE). A total of 137 establishments/farms are currently registered in the SIE; of this total, 108 received the ARTE certification (in Portuguese, Selo ARTE) and are qualified for interstate retail sale. The diagnosis of the quality and safety of these artisanal cheeses is made by analyzing indicative samples, which are officially collected and processed by the IMA. The cheese samples must meet microbiological and physicochemical criteria to be considered suitable for trade and consumption. Considering this, the present study aimed to provide a critical analysis of the official data obtained by the IMA for QMA compliance to the minimum ripening time and physicochemical criteria, and also to associate minimum ripening time, moisture and packaging with microbiological characteristics, allowing to identify how these factors can influence the counts of total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci. A total of 1,803 samples processed by IMA between January 2010 and May 2023 were analyzed. High relative frequencies of non-compliance to the minimum ripening time were identified in samples obtained from at least 4 producer regions; non-compliance to moisture content was less observed. The analyzed data revealed the absence of *Salmonella* and low occurrence of *L. monocytogenes* in QMA samples. The counts of total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase-positive staphylococci were significantly higher ($p < 0.0001$) in samples that did not comply with minimum ripening time and moisture content; when these data were analyzed per producing region, the same trend was observed in the cheeses produced

in Serro. The vacuum-packed samples obtained from Serro also exhibited high non-compliance with minimum ripening time and moisture. In the present study was also verified a lack of data record (regarding the ripening time) for samples collected and processed since 2022 (n = 150), making difficult to carry out a deeper analysis over the years, as this information was absent in the last years. Our work indicates the need to implement educational programs to improve the adequacy of MAC to official criteria.

Keywords: Minas Artisanal Cheese. Inspection. Quality. Safety. Compliance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de produção do Queijo Minas Artesanal.

Figura 2. Microrregiões reconhecidas produtoras do Queijo Minas Artesanal no estado de Minas Gerais.

CAPÍTULO 1

Figure 1. A) Relative frequencies (%) and frequencies (n) of artisanal cheeses samples analyzed by the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) between 2010 and 2023 in compliance (green) and non-compliance (red) with the established ripening time per producer region. B) Relative frequencies (%) of artisanal cheese samples in non-compliance with the established ripening time per producing region, from 2010 to 2023 (years with asterisks indicate absence of the ripening time records).

Figure 2. A) Relative frequencies (%) and frequencies (n) of artisanal cheeses samples analyzed by the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) between 2010 and 2023 in compliance (green) and non-compliance (red) with the established moisture per producer region. B) Relative frequencies (%) of artisanal cheese samples in non-compliance with the established moisture per producing region, from 2010 to 2023 (years with asterisks indicate absence of the moisture records).

Figure 3. Box plots of the records of ripening time (days), moisture (%) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts from artisanal cheeses samples produced in different regions in Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red)

and compliance (right, green) on ripening time established per producer region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per producing region ($P < 0.005$).

Figure 4. Box plots of the records of moisture (%), ripening time (days) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts from artisanal cheeses samples produced in different regions in Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red) and compliance (right, green) with the moisture established per producer region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per producing region ($P < 0.005$).

Figure 5. Relative frequencies of vacuum-packed artisanal cheese samples obtained from three producer regions (Araxá, Canastra and Serro), subjected to official analysis by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), and in compliance (green) and non-compliance (red) with the established ripening time (A) and moisture (B) per producing region.

Figure 6. Relative frequencies of vacuum-packed artisanal cheese samples produced in six municipalities located in the Serro region, subjected to official analysis by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), and in compliance (green) and non-compliance (red) with the established ripening time (A) and moisture (B).

Supplementary Figure 1. Box plots of the records of ripening time (days), moisture (%) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts from vacuum packed artisanal cheeses samples produced in different municipalities from Serro region, Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red) and compliance (right, green) on ripening time established for Serro region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per municipality ($P < 0.005$).

Supplementary Figure 2. Box plots of the records of moisture (%), ripening time (days) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts

from vacuum packed artisanal cheeses samples produced in different municipalities from Serro region, Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red) and compliance (right, green) on moisture established for Serro region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per municipality ($P < 0.005$).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Período mínimo de maturação e características do queijo minas artesanal (QMA) produzido em Minas Gerais.

Tabela 2. Distribuição das queijarias registradas no Serviço de Inspeção Federal (SIF) e Serviço de Inspeção Estadual de Minas Gerais (SIE-IMA) nas diferentes regiões produtoras do Queijo Minas Artesanal e certificação pelo “selo Arte”

Tabela 3. Critérios microbiológicos aplicados à produção (Decreto nº 42.645 [Minas Gerais, 2002b], com alterações feitas pelo Decreto nº 44.864 [Minas Gerais, 2008]) e ao comércio (Instrução Normativa nº 60 [Brasil, 2019]) do Queijo Minas Artesanal

CAPÍTULO 1

Table 1. Number of tested samples of artisanal cheeses obtained from distinct producer regions and cheese producers registered in Minas Gerais state, Brazil, in the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), between 2010 and 2023.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DIPOA	Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal
EMATER-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
IG	Indicação Geográfica
IMA	Instituto Mineiro de Agropecuária
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
LAFQ	Laboratório de Análise Físico-Química em Alimento
LSMA	Laboratório de Segurança Microbiológica de Alimento
POA	Produto de Origem Animal
QMA	Queijo Minas Artesanal
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
RPI	Revista do Patrimônio Industrial
SEAPA	Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SIE	Serviço de Inspeção Estadual
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SIM	Serviço de Inspeção Municipal
UFC	Unidades Formadoras de Colônia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. Histórico da produção de queijos artesanais no Brasil e no estado de Minas Gerais e evolução das normas para a produção do Queijo Minas Artesanal	18
2.2. Processo de reconhecimento das regiões produtoras e evolução de normas específicas.....	23
2.3. Maturação e aspectos de identidade do QMA	25
2.4. Panorama da produção do QMA em Minas Gerais	29
2.5. Critérios microbiológicos do QMA	30
2.6. Aspectos físico-químicos de QMA.....	33
3. PERSPECTIVAS	38
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
5. OBJETIVOS	46
5.1. OBJETIVO GERAL	46
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	46
CAPÍTULO 01. Compliance of Minas Artisanal Cheese official samples with minimum ripening time and moisture criteria and their relations with hygiene indicator microorganisms counts.....	47
Title page	48
Abstract.....	49
1. Introduction.....	50

2.	Materials and Methods.....	51
3.	Results and Discussion	54
4.	Conclusions.....	64
	Funding	64
	CRedit authorship contribution statement	64
	Declaration of Competing Interest.....	65
	References.....	65
	Attachments	69

1. INTRODUÇÃO

O Queijo Minas Artesanal (QMA) é uma iguaria produzida exclusivamente no Estado de Minas Gerais. QMA é produzido desde o século XVIII com o intuito, naquela época, de produzir um alimento que durasse mais tempo que o leite para poder alimentar os trabalhadores nas minas de extração de ouro e outros minerais nas regiões extratoras. Este queijo é produzido exclusivamente com leite cru, ou seja, sem nenhum tratamento térmico prévio, coalho, sal e pingo, um fermento endógeno coletado durante a fabricação dos queijos do dia anterior.

Por se tratar de um Produto de Origem Animal (POA), atualmente as queijarias produtoras do QMA devem ser registradas em algum órgão de inspeção sanitária, seja ele municipal, estadual ou federal. No estado de Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) é o órgão estadual responsável pelo registro de estabelecimentos produtores de POA que desejam realizar o comércio de seus produtos dentro do estado.

No estado de Minas Gerais existem atualmente 10 microrregiões reconhecidas como produtoras de QMA: Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Serra do Salitre, Serras da Ibitipoca, Serro e Triângulo Mineiro. Este reconhecimento é realizado pelo Estado através de estudos de caracterização que levam em consideração o histórico da produção do QMA na região, as características de produção, aspectos socioculturais e geográficos, entre outros fatores. No entanto, o QMA também pode ser produzido em outras localidades do Estado, sem necessariamente a queijaria estar dentro de uma microrregião reconhecida.

Até o mês de outubro de 2023, um total de 137 queijarias se apresentavam registradas no IMA e aptas a produzir e comercializar seus QMA no âmbito estadual: destas, 108 já certificadas pelo selo de produção artesanal “ARTE”. A maioria das queijarias registradas no IMA estão localizadas nas microrregiões do Serro e Canastra; ambas possuem Indicação Geográfica (IG), reconhecimento dado pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Para ser considerado apto ao consumo, o QMA deve ser produzido respeitando-se critérios físico-químicos (umidade, fosfatase residual e amido) e microbiológicos (Coliformes totais, *E. coli*, Estafilococos coagulase positiva, *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes*), que foram estabelecidos por normas publicadas pelo IMA. Como parte do processo de fiscalização, o IMA realiza análises de rotina nos seus Laboratórios de Análise Físico-Química de Alimentos e Laboratório de Segurança Microbiológica em Alimentos (LAFQ e LSMA), situados em Contagem/MG.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico da produção de queijos artesanais no Brasil e no estado de Minas Gerais e evolução das normas para a produção do Queijo Minas Artesanal

O surgimento do queijo artesanal, provavelmente, iniciou com a domesticação dos animais e com o aproveitamento de seus produtos. O processo natural de coagulação do leite gerou um alimento elaborado que se confirma em documentos históricos produzidos pelas primeiras civilizações (Reis, 1998; IPHAN, 2014). O queijo adquiriu, no processo histórico, enorme variedade tipológica, grande parte de caráter artesanal, mantido pela tradição e visando a sua preservação como identidade regional.

Na região que hoje corresponde ao estado da Bahia se iniciou as primeiras criações de gado do Brasil, trazidos da região da Serra da Estrela, em Portugal. Estes rebanhos foram se expandindo rumo ao sul ao longo das margens do Rio São Francisco até chegar à região do Serro, no Estado de Minas Gerais (Pineda et al., 2021). A maioria dos queijos produzidos no Brasil tem sua influência na produção queijeira de países europeus como Portugal, Espanha, Países Baixos, Dinamarca, Grécia, França, Itália e Suíça (Penna et al., 2021). Os primeiros relatos da produção de queijo no Brasil ocorreram em obras do século XVIII. Embora não se saiba ao certo a data correta do início da produção, estima-se que isso tenha ocorrido juntamente com a chegada das primeiras vacas leiteiras ao Brasil, vindas de Portugal (Boari, 2017). Já a produção de queijo no estado de Minas Gerais se mescla com a sua própria ocupação, no período da descoberta e exploração do ouro, entre o final do século XVII e início do século XVIII (Penna et al., 2021).

Contrapondo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) que, em 2008 reconheceu o modo de fazer o Queijo Minas Artesanal (QMA) como bem imaterial, onde em seu dossiê compara o seu processo de produção com o Queijo da Serra da Estrela, produzido no norte de Portugal, Netto et al. (2011) realizaram um levantamento histórico do modo de fazer

o QMA e concluíram que a produção deste queijo remete à produção do Queijo do Pico e do Queijo de São Jorge, produzidos nas ilhas dos Açores, localizadas no Atlântico. Netto et al. (2011) encontraram semelhanças não só no modo de fazer esses queijos, como também em suas características sensoriais.

A produção do QMA foi legalmente aprovada pela Lei Estadual nº 14.185 (MINAS GERAIS, 2002a), regulamentada pelo Decreto Estadual nº 42.645 (MINAS GERAIS, 2002b) e atualizado pelo Decreto Estadual nº 44.864 (MINAS GERAIS, 2008). Segundo estas legislações, o QMA deve ser produzido na propriedade de origem do leite, a partir de leite cru como matéria-prima e como únicos ingredientes o sal, o coalho e o pingo (soro fermento). As etapas de produção do QMA estão representadas na **Figura 1**.

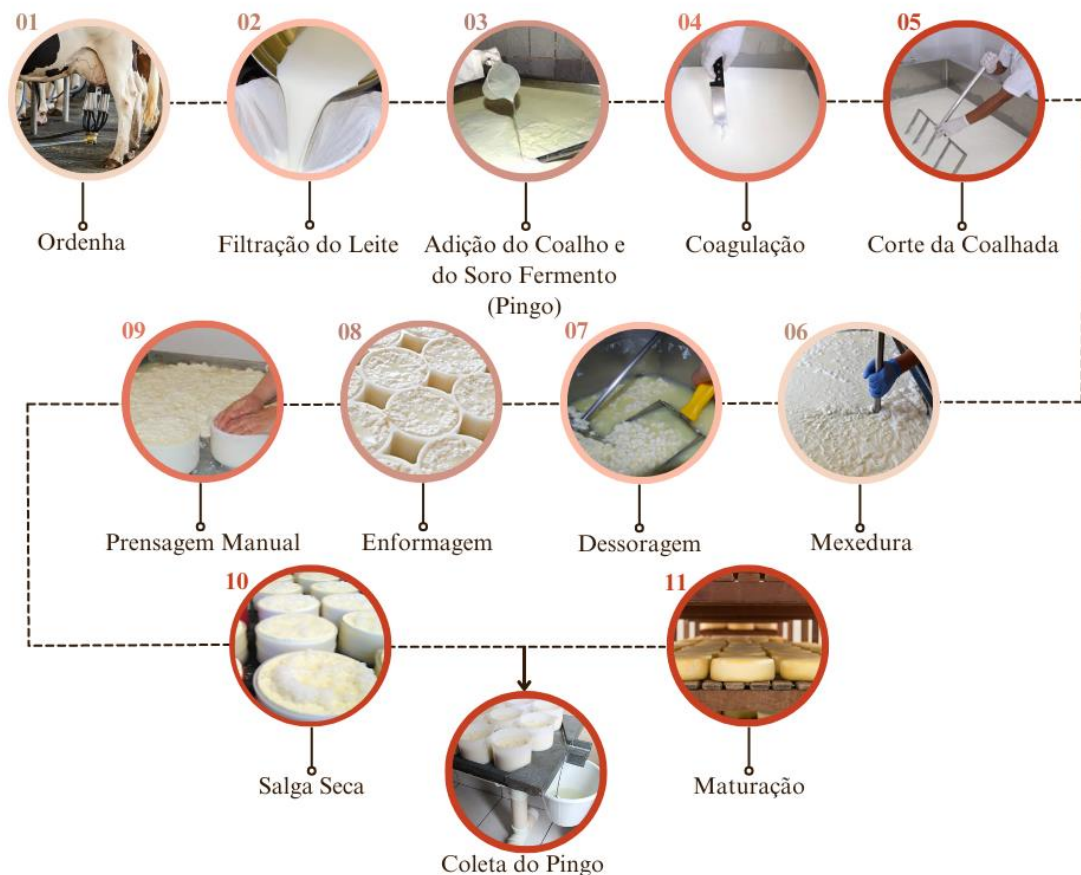


Figura 1. Fluxograma de produção do Queijo Minas Artesanal.

As normas que regem a produção e a comercialização de queijos no Brasil estavam concentradas no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), aprovado pelo Decreto 30.691 de 29 de março de 1952 (BRASIL, 1952). Este Decreto vigorou até o ano de 2017, quando teve sua revogação total e substituição pelo novo Regulamento aprovado através do Decreto Federal nº 9.013 de 29 de março de 2017 (BRASIL, 2017).

O primeiro Decreto autorizava a produção de “Queijo Minas semiduro (tipo Serro)” e “Queijo Minas duro (tipo Araxá)”, mas os agrupava em um só tipo, podendo ser denominados apenas como “Queijo Minas”, e eram citados no decreto em apenas dois momentos. Na definição de queijaria (Art. 26): “(...) estabelecimento situado em fazenda leiteira e destinado à fabricação de queijo Minas”, e nas Disposições Gerais e Transitórias (art. 928). Ainda no Decreto nº 30.691, a maturação, a embalagem e a rotulagem dos “Queijos Minas” deveriam ser realizadas em entrepostos de leite e derivados registrados (Art. 35). O Decreto nº 1.255, promulgado em 25 de junho de 1962, permitiu o comércio interestadual do QMA após dez dias de fabricação (BRASIL, 1962), porém, a norma não detalhava a forma como os queijos deveriam ser maturados.

O Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária aprovou em 1996 o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos, através da publicação da Portaria nº 146 (BRASIL, 1996a). Neste Regulamento foi exigida a maturação dos queijos produzidos a partir de leite cru por um período mínimo de 60 dias: “Fica excluído da obrigação de ser submetido à pasteurização ou outro tratamento térmico o leite higienizado que se destine à elaboração dos queijos submetidos a um processo de maturação a uma temperatura superior aos 5 °C, durante um tempo não inferior a 60 dias” (BRASIL, 1996a). Porém, o período de 60 dias de maturação não foi alterado e a exigência não trouxe solução para a formalização da produção e comércio dos QMA. No dia 28 de novembro de 2000 foi publicada pelo Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a Resolução nº 7 (BRASIL, 2000), reiterando a Portaria nº 146 de 1996, estabelecendo critérios de funcionamento e de controle da produção de queijarias, onde eram citados diretamente os Queijos Minas produzidos com leite cru. Entretanto, essa legislação não estabeleceu critérios definidos em relação ao período mínimo de maturação, com detalhamento apenas de regiões e alguns tipos de queijos. Portanto, por esta Resolução, o período mínimo de maturação dos Queijos Minas (Serro, Araxá ou Canastra) produzidos com leite cru, era de 60 (sessenta) dias.

Visando regularizar a produção do QMA no âmbito do estado de Minas Gerais, foi publicada em 31 de janeiro de 2002 a Lei Estadual nº 14.185, que dispõe sobre o processo de produção do QMA (MINAS GERAIS, 2002a). No dia 05 de junho do mesmo ano, a lei foi regulamentada pelo Decreto nº 42.645 (MINAS GERAIS, 2002b), iniciando sob a supervisão do IMA, o processo de regulamentação e cadastramento das queijarias classificadas no RIISPOA de 1952 (BRASIL, 1952) e no Decreto Federal nº 1.255 de 1962 (BRASIL, 1962). Com isso, foram estabelecidas regras detalhadas sobre a produção e comercialização dos QMA.

Na Instrução Normativa nº 57, de 15 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), revogada pela Instrução Normativa nº 30 de 07 de agosto de 2013 (BRASIL, 2013), ocorreu a indicação da possibilidade de produzir o queijo a partir do leite cru com menos de 60 dias de maturação, atrelando essa possibilidade à comprovação através de estudos técnicos-científicos que indicassem a qualidade e a inocuidade do produto. Ainda nesta Instrução Normativa, essa redução do período de maturação só seria permitida a queijarias localizadas em regiões de indicação geográfica certificada ou tradicionalmente reconhecida e em propriedades rurais livres de brucelose e tuberculose. A Instrução Normativa nº 30 (BRASIL, 2013), atribuiu competência aos órgãos municipais e estaduais para atestar pesquisas que comprovem a eficiência de maturação em período inferior a 60 dias.

Em 30 de abril de 2013, o Estado de Minas Gerais publicou a Portaria nº 1.305 estabelecendo pela primeira vez as diretrizes para o tempo de maturação do QMA inferiores a 60 (sessenta) dias (MINAS GERAIS, 2013): ” § 1 ° Fica definido o período de maturação do Queijo Minas Artesanal como mínimo de 17 (dezesete) dias para a microrregião do Serro e mínimo de 22 (vinte e dois) dias para as microrregiões da Canastra, do Cerrado, de Araxá e do Campo das Vertentes, até que sejam realizadas novas pesquisas ratificando ou retificando os referidos tempos de maturação”. Esta diminuição do período de maturação dos produtos elaborados com leite cru após a realização de estudos científicos conclusivos sobre a inocuidade do produto ou em casos previstos em Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) foi ratificada no Novo RIISPOA, publicado através do Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017 (BRASIL, 2017).

A Portaria SDA nº 336 do MAPA reconheceu, em 04 de maio de 2012, a equivalência do Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, por intermédio da Gerência de Inspeção de Produtos do Instituto Mineiro de Agropecuária para a adesão ao Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI-POA) (BRASIL, 2012). Esta adesão possibilitou a formalização da comercialização do QMA na esfera interestadual, estando as queijarias registradas no serviço de inspeção do estado de Minas Gerais (Monteiro, 2018). A criação do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) através do Decreto nº 5.741 de 2006 e a consequente regulamentação do SISBI-POA junto ao MAPA, promoveram a regulamentação da produção e da comercialização dos QMA e permitiram o estabelecimento dos critérios de identidade, qualidade e inocuidade (Araújo, et. al. 2020).

A Lei nº 13.680, publicada em 14 de junho de 2018 alterou a Lei 1.283 de 1950, incluindo nessa lei um artigo que permitiu a comercialização interestadual de produtos alimentícios produzidos de forma artesanal, incluindo o QMA em âmbito nacional e

identificando esses produtos com o selo ARTE, desde que esses estabelecimentos produtores sejam submetidos à fiscalização de órgãos públicos dos Estados e do Distrito Federal (Rocha et al., 2022). Com a publicação do Decreto 11.099 e da Lei 13.860 no ano de 2022 a competência da fiscalização dos produtos artesanais de origem animal foi atualizada e repassada aos órgãos fiscalizatórios federal, estaduais, distrital e municipais de agricultura (Rocha et al., 2022).

2.2. Processo de reconhecimento das regiões produtoras e evolução de normas específicas

Para que uma região produtora de QMA seja reconhecida, a sua identificação deve ser feita através de estudos de caracterização do processo produtivo tradicional, sendo considerados também os aspectos socioculturais e geográficos. Após solicitação de organizações representativas, feita diretamente à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA), do Estado de Minas Gerais, a identificação se dará com base em estudos realizados pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG), que comprovem por meio da caracterização da região, seus processos produtivos tradicionais vinculados à atividade de produção do QMA (MINAS GERAIS, 2020a).

Após essa caracterização, o estudo é direcionado ao IMA para a elaboração de Portaria própria, tornando oficial o reconhecimento da região produtora do QMA. Atualmente, existem dez regiões reconhecidas como produtoras de QMA no estado de Minas Gerais (Figura 2), sendo elas: Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Serra do Salitre, Serras da Ibitipoca, Serro e Triângulo Mineiro (Costa et al., 2022). Porém, não há o impedimento de que produtores do QMA localizados em outras

regiões do estado de Minas Gerais regulamentem sua produção e comercialização junto ao IMA, órgão responsável por cadastrar e fiscalizar as unidades produtoras no estado.



Figura 2. Microrregiões reconhecidas produtoras do Queijo Minas Artesanal no estado de Minas Gerais (EMATER, 2022a).

Além do reconhecimento das microrregiões produtoras do QMA, há também o reconhecimento de microrregiões produtoras de outras variedades de Queijos Artesanais, como a do Vale do Jequitinhonha, produtora de Queijo Cabacinha (MINAS GERAIS, 2014) e as da Mantiqueira e do município de Alagoa, produtoras dos Queijos Artesanais da Mantiqueira e de Alagoa, respectivamente (MINAS GERAIS, 2020c e 2020d). Nessas microrregiões, a produção dos queijos se difere do QMA, sendo assim produzidos queijos totalmente únicos.

Além do reconhecimento das microrregiões pelo estado de Minas Gerais, há também a figura da Indicação Geográfica (IG), reconhecimento dado pelo INPI, órgão vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviço (BRASIL, 1996b). Das Microrregiões produtoras do QMA, três tem também reconhecimento pelo INPI de sua Indicação de Procedência: Canastra, Cerrado e Serra.

A primeira região produtora de QMA que obteve o reconhecimento de Indicação Geográfica pelo INPI foi a microrregião do Serro através da concessão publicada na edição nº 2136 da Revista de Propriedade Industrial (RPI) em 13 de dezembro de 2011. A microrregião da Canastra teve sua Indicação Geográfica reconhecida no ano seguinte, em 13 de março de 2012. Este reconhecimento foi publicado na RPI na edição nº 2149 desta revista. A última microrregião que teve seu reconhecimento publicado recentemente foi a do Cerrado, que obteve o reconhecimento de Indicação Geográfica publicado na RPI na edição nº 2743 de 01 de agosto de 2023.

Nesses três casos de Indicação Geográfica relacionados ao QMA no Estado de Minas Gerais, todos foram registrados como Indicação de Procedência. Indicações de procedência são caracterizadas pelo nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço (BRASIL, 1996b).

2.3. Maturação e aspectos de identidade do QMA

No fluxograma de produção do QMA, a maturação é a última etapa antes da venda deste produto ao mercado consumidor. Este processo, dependendo da região produtora, tem um período mínimo que pode variar de 14 a 22 dias; no entanto, não há um período máximo estabelecido para se maturar um QMA. O período mínimo de maturação exigido pela Portaria IMA nº 2.051, de 07 de abril de 2021, para os QMA produzidos nas diferentes microrregiões produtoras e demais regiões não caracterizadas estão descritas na **Tabela 1** (MINAS GERAIS, 2021).

A composição físico-química final do QMA pode se apresentar diferente devido às variações nos processos de fabricação dos mesmos. Fatores que também podem influenciar diretamente na composição dos queijos são a quantidade de sal utilizada na salga a seco, tamanho dos grãos

Tabela 1. Período mínimo de maturação e características do queijo minas artesanal (QMA) produzido em Minas Gerais.

Microrregiões	PMM ¹ (dias)	Diâmetro ² (cm)	peso ² (kg)	Características Sensoriais ²
Araxá	14	14 - 17	1,0 - 1,4	Cor branco creme homogênea, textura compacta e sabor ácido, agradável e não picante
Campo das Vertentes	22	15	0,75	Cor amarelo palha, textura média e sabor ligeiramente ácido
Canastra	14	15 - 17	1,0 - 1,2	Cor branco amarelado, textura compacta e sabor ligeiramente ácido, não picante e agradável
Cerrado	22	15 - 17	1,0 - 1,2	Cor branco amarelado, textura compacta e sabor ligeiramente ácido, não picante e agradável
Diamantina	22		0,7 - 1,0	Cor amarelado, textura granular e sabor levemente picante
Entre Serras da Piedade ao Caraça	22	10 - 12 13 - 15 20 - 24	0,2 - 0,4 0,6 - 0,9 3,0 - 5,0	Cor amarelado, textura compacta e sabor moderado
Serra do Salitre	14	15 - 17	1,0 - 1,2	Cor branco amarelado, textura compacta e sabor ligeiramente ácido, agradável e não picante
Serras do Ibitipoca	22	15	0,8 - 1,0	Cor amarelo claro, textura compacta e sabor suave e moderadamente ácido
Serro	17	13 - 15	0,7 - 1,0	Cor branco amarelado, textura compacta e sabor brando a suavemente ácido
Triângulo Mineiro	22	12 - 15	1,0 - 1,2	Cor amarelo ouro, textura compacta e sabor pouco pronunciado e suavemente ácido
Sem microrregião	22			

¹PMM, período mínimo de maturação estabelecido pela Portaria IMA nº 2.051 (Minas Gerais, 2021).

²Informações obtidas no artigo publicado por COSTA et al. (2022).

da coalhada e teor de gordura do leite, sendo estes fatores mais difíceis de mensurar (Pinto et al., 2010).

A diferença no período mínimo de maturação com relação às diferentes microrregiões produtoras se dá por alguns fatores abióticos como umidade, acidez titulável, amplitude térmica e outros aspectos relacionados a localização geográfica, além da composição de pastagem, composição do rebanho e técnicas particulares de produção (Sant'Anna et al., 2019).

Na maturação o queijo sofre diversas alterações bioquímicas, que são responsáveis pelas características sensoriais desejáveis como aroma e sabor. O período de maturação é uma etapa obrigatória na produção do QMA, que é feito com leite cru. Nessa etapa o queijo irá perder umidade com consequente redução de sua atividade de água, assim como irá ocorrer a produção de diversos compostos antimicrobianos, como bacteriocinas, que contribuem para a inibição de bactérias patogênicas (Camargo et al., 2021).

Durante o período de maturação ocorrem alterações bioquímicas nos constituintes dos queijos, como proteínas, lipídios e lactose residual. Neste processo incluem-se: peptídeos, aminoácidos, ácidos, ácidos orgânicos, aminas, ácidos graxos, tióis, tioésteres, metilcetonas, lactonas, dióxido de carbono e álcoois: esses compostos são responsáveis pelas características sensoriais de aroma e sabor dos QMA (Dias, 2007). As reações bioquímicas conferem aos queijos singularidades em relação às características intrínsecas. A lipólise é uma dessas reações, que consiste na ação da lipase hidrolisando a gordura, transformando-a em ácidos graxos voláteis de cadeia curta que, por sua vez, serão transformados em aldeídos, cetonas e peróxidos através de reações como oxidação, descarboxilação e saponificação, que irão conferir sabor e aroma típicos dos queijos maturados (Sales, 2015). A proteólise é considerada a reação bioquímica mais importante que ocorre durante a maturação, resultando em peptídeos, cetonas e aminoácidos livres, que conferem sabor, aroma e textura aos QMA (Gutierrez, 2004). A lactose é o principal nutriente disponível para a microbiota presente no QMA fresco,

possibilitando a alguns microrganismos fermentar a lactose. Portanto, a lactose é um constituinte importante na maturação, e uma importante ferramenta para a obtenção de um alimento inócuo (Lima, 2021).

Conforme os padrões de identidade, os QMA devem apresentar consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, serem isentos de corantes e conservantes. Várias condições conferem características peculiares a cada QMA, como origem das matérias primas, tipo de alimento, composição do "pingo", condições ambientais, tempo de maturação, entre outros (Dargère, et al., 2023). O "pingo" garante melhor qualidade sensorial e microbiológica, pois inocula bactérias lácticas que conferem uma microbiota desejável ao QMA (Figueiredo, 2018).

Nas diversas regiões produtoras de QMA ocorrem diferenças entre o "modo de fazer" do queijo. Na região do Serro, é comum alguns produtores utilizarem a "rala" no processo de fabricação: não há regulamentação para o uso da "rala" na produção de QMA. A rala é o produto do queijo em maturação ralado que é adicionado ao leite durante o processo de fabricação do queijo (Brumano, 2016). Supostamente, a "rala" melhora a consistência dos queijos, após os primeiros dias de fabricação. Brumano (2016) encontrou diferença na acidez, umidade e também na maturação dos queijos produzidos com rala ou pingo. QMA produzidos com pingo eram mais ácidos, mais úmidos e apresentavam maior proteólise. Entretanto, em um estudo que comparou QMA produzidos apenas com pingo ou com rala, Oliveira et al. (2018) não encontrou diferença na composição dos queijos.

Os QMA são tradicionalmente maturados em temperatura ambiente e os efeitos dessa maturação nos parâmetros físico-químicos influencia diretamente na composição microbiológica dos queijos (Martins, 2015). Porém, a maturação em temperatura ambiente não é a única permitida. Segundo a Portaria IMA n° 1969 (MINAS GERAIS, 2020b), a maturação dos QMA deve ser realizada em temperatura ambiente ou em ambiente climatizado, sob temperatura de 12 a 18 °C.

De acordo com a Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018, após o período mínimo de maturação, os queijos artesanais poderão ser comercializados sem embalagem, seguindo orientações específicas, ou rotulados e embalados seguindo regulamento a ser estabelecido pelo órgão ou entidade de controle e de defesa sanitária competente (Minas Gerais, 2018). O Decreto nº 48.024, de 19 de agosto de 2020, que regulamenta a Lei nº 23.157/2018, dispendo sobre as regras de produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais, indica no seu art. 32 que o queijo artesanal poderá ser comercializado com ou sem embalagem, conforme a característica do produto; e indica que material utilizado para embalagem deve ser aprovado para uso em alimentos, com a finalidade de protegê-lo de agentes externos, de alterações, de contaminações e de adulterações (Minas Gerais, 2020a).

2.4. Panorama da produção do QMA em Minas Gerais

Estima-se que sejam produzidos anualmente, em torno de 33 mil toneladas de queijos artesanais em todo o estado de Minas Gerais (EMATER, 2022b), em aproximadamente 7.000 estabelecimentos dedicados à essa produção. Destes, estima-se que 3.103 estabelecimentos produzam o QMA, com uma produção de aproximadamente 22 mil toneladas por ano.

A **Tabela 2** apresenta a distribuição das queijarias com registro no Serviço de Inspeção Estadual entre as microrregiões produtoras do QMA. Os dados mais atuais do IMA mostram que 137 queijarias estão registradas no Serviço de Inspeção Estadual de Minas Gerais (SIE-IMA), sendo que 108 estabelecimentos possuem habilitação para venda interestadual por possuírem o Selo ARTE. O estado de Minas Gerais possui 853 municípios em seu território, e ainda não existe um sistema integrado que compartilhe dados, por exemplo, sobre o total de queijarias (que produzem o QMA) registradas nos Serviços de Inspeção Municipal, Estadual e Federal, dificultando contabilizar o número total de estabelecimentos habilitados a comercializar o QMA.

Tabela 2. Distribuição das queijarias registradas no Serviço de Inspeção Estadual de Minas Gerais (SIE) nas diferentes regiões produtoras do Queijo Minas Artesanal e certificação pelo “selo Arte”.

Microrregião	Estabelecimentos Registrados SIE	Selo ARTE
Araxá	10	10
Campo das Vertentes	4	3
Canastra	22	19
Cerrado	4	6
Diamantina	0	0
Entre Serras da Piedade ao Caraça	1	1
Serra do Salitre	1	1
Serras do Ibitipoca	1	1
Serro	77	51
Triângulo Mineiro	6	5
Sem microrregião	11	11
TOTAL	137	108

2.5. Critérios microbiológicos do QMA

A contaminação do QMA por agentes físicos, químicos e microbiológicos é motivo de preocupação em toda a cadeia de produção. Esta contaminação pode ocorrer em diferentes etapas da produção, desde a obtenção do leite até a maturação (Andretta et al., 2019). O monitoramento de microrganismos deteriorantes, patogênicos e zoonóticos nos QMA registrados no IMA é feito através das análises de diferentes grupos microbianos. Segundo o Decreto Estadual de Minas Gerais nº 42.645 (MINAS GERAIS, 2002b) e alterações feitas pelo Decreto Estadual de Minas Gerais nº 44.864 (MINAS GERAIS, 2008), para se produzir o QMA deve ser seguido os critérios microbiológicos relacionados a Coliformes a 30°C, Coliformes a 45°C, Estafilococos Coagulase Positiva, *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes* (Tabela 3) Uma vez disponíveis para a comercialização, os QMA devem atender os padrões microbiológicos estabelecidos na Instrução Normativa ANVISA nº 161 de 1º de julho de 2022, a qual entrou em vigor no dia 1º de setembro de 2022. (BRASIL, 2022b) (Tabela 3).

Tabela 3. Critérios microbiológicos aplicados à produção (Decreto nº 42.645 [Minas Gerais, 2002b], com alterações feitas pelo Decreto nº 44.864 [Minas Gerais, 2008]) e ao comércio (Instrução Normativa nº 60 [Brasil, 2019]) do Queijo Minas Artesanal.

Categoria	microrganismo/ enterotoxina	Decreto nº 42.645 e Decreto nº 44.864				Instrução Normativa nº 161			
		n	c	m	M	n	c	m	M
Baixa umidade (máximo de 35.9%)	Coliformes 30°C	5	2	1 x 10 ³	5 x 10 ³	-	-	-	-
	Coliformes 45°C	5	2	1 x 10 ²	5 x 10 ²	-	-	-	-
	<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	-	5	2	1 x 10 ¹	1 x 10 ²
	Estafilococos coagulase positiva	5	2	1 x 10 ²	1 x 10 ³	5	2	1 x 10 ²	1 x 10 ³
	Enterotoxinas estafilocócicas	-	-	-	-	5	0	ausente	-
	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	ausente	-	5	0	ausente	-
	<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	-	-	-	-	5	0	1 x 10 ²	-
Média umidade (entre 36% e 46%)	Coliformes 30°C	5	2	1 x 10 ³	5 x 10 ³	-	-	-	-
	Coliformes 45°C	5	2	1 x 10 ²	5 x 10 ²	-	-	-	-
	<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	-	5	2	1 x 10 ¹	1 x 10 ²
	Estafilococos coagulase positiva	5	2	1 x 10 ²	1 x 10 ³	5	2	1 x 10 ²	1 x 10 ³
	Enterotoxinas estafilocócicas	-	-	-	-	5	0	ausente	-
	<i>Salmonella</i> spp.	5	0	ausente	-	5	0	ausente	-
	<i>Listeria monocytogenes</i> ¹	5	0	ausente	-	5	0	1 x 10 ²	-

n, número de unidades colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente; c, número máximo aceitável de unidades amostrais com contagens entre m e M; contagens acima de M são inaceitáveis.

¹A Instrução Normativa nº 161 permite a contagem de *L. monocytogenes* de até 1 x 10² UFC/25 g em alimentos prontos para consumo; no caso alimentos prontos para o consumo destinados a lactentes ou para fins especiais, a legislação determina a ausência de *L. monocytogenes*. A necessidade ou não de contar *L. monocytogenes* está especificada pelos critérios descritos em Art. 4 Instrução Normativa nº 60 (Brasil, 2022b).

Em um levantamento realizado por Camargo et al. (2021), estudos mostraram que os QMA produzidos em diferentes microrregiões obtiveram um índice de conformidade de 57,44% para Coliformes a 30°C (47 amostras), 56,41% para Coliformes a 45°C (39 amostras) e 83,19% para Estafilococos Coagulase Positiva (119 amostras), não sendo encontradas amostras positivas para *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. Considerando esses resultados, pode ser concluído que para se conseguir a qualidade e a inocuidade desses produtos é necessária a aplicação de práticas corretas de higiene em todas as etapas da cadeia produtiva.

Analisando a qualidade microbiológica dos QMA produzidos na microrregião do Serro, Andretta et al. (2019) concluíram que baseado nos valores de referência estabelecidos pelo Estado de Minas Gerais, 75,5% dos queijos analisados não se apresentavam próprios para o comércio e consumo devido às contagens de Estafilococos Coagulase Positiva acima de 10^3 UFC/g. Em estudo realizado com QMA produzidos na microrregião do Campo das Vertentes, Sá et al. (2022) evidenciaram redução de 1,71 log de UFC/g nas contagens de Coliformes a 30°C durante um período de maturação de 31 dias. Os queijos atingiram contagens dentro do limite exigido pela legislação a partir do vigésimo dia de maturação. Ainda neste estudo, durante a maturação dos queijos, as contagens de coliformes a 45°C não se modificaram, apresentando valores abaixo de 10^2 UFC/g; e as contagens de Estafilococos Coagulase Positiva apresentaram uma queda durante a maturação, mas se mantiveram acima dos limites estabelecidos após 31 dias de maturação, tornando os queijos inaptos para a comercialização e consumo.

Após análises da presença de *Salmonella* e *Listeria monocytogenes* em 53 amostras de QMA produzidos na microrregião do Serro, Andretta et al. (2019) não encontraram amostras positivas para esses patógenos. No entanto, as altas contagens de Estafilococos Coagulase Positiva indicaram más condições de higiene na produção dos queijos com ambos os fermentos naturais (“pingo” e “rala”). Este resultado também foi encontrado por Silva et al. (2023), que analisaram

19 amostras do QMA. Neste mesmo estudo 68,42% das amostras apresentaram contagens não conformes para Estafilococos Coagulase Positiva.

Firno et al. (2023) encontraram 40% das amostras coletadas oficialmente pelo IMA em estabelecimentos registrados fora do padrão microbiológico em pelo menos um parâmetro, no período de 2010 a 2021. Neste estudo, um total de 1.390 amostras foram analisadas, 26,91% e 16,26% estavam fora dos padrões e para os parâmetros Coliformes a 35°C e *E. coli*, respectivamente. As contagens de Estafilococos Coagulase Positiva, foram identificadas como não conformes em 42,3%, 38,4%, 27,7%, 22,0%, 20,0%, 20,0% e 5,0% nas amostras analisadas das microrregiões do Serro, Araxá, Cerrado, Canastra, Campo das Vertentes, Serra do Salitre e Triângulo Mineiro, respectivamente. Neste estudo, *Salmonella* spp. foi detectada em apenas uma amostra entre as 1.162 analisadas e *Listeria monocytogenes* foi detectada em sete amostras entre 1.198 analisadas no período.

2.6. Aspectos físico-químicos de QMA

Os QMA produzidos nas distintas regiões do estado de Minas Gerais apresentam diferenças na sua composição físico-química e centesimal, e os parâmetros físico-químicos podem ser utilizados para os diferenciar. Entre os aspectos físico-químicos, a diferença no teor de nitrogênio solúvel entre os queijos pode estar relacionada às diferentes concentrações de caseína, além da quantidade e concentração do agente coagulante utilizado na fabricação, composição microbiológica do “pingo” e tempo e condições de maturação dos queijos (Dargère et al., 2023). O teor de cinzas dos queijos normalmente está relacionado à quantidade de sal adicionada aos produtos, bem como ao tipo de salga utilizada (Pereira, 2019; Dargère et al., 2023).

Outras variáveis, como composição da dieta do rebanho, suplementação mineral, e estágio de lactação das vacas, podem influenciar a composição do leite e do queijo. Além disso,

fatores como tempo de maturação, redução do teor de umidade e aumento do extrato seco total, elevam o teor de cinzas no QMA (Costa Júnior et al., 2014; Dargère et al., 2023).

O QMA é produzido de acordo com as tradições históricas e culturais das regiões onde tradicionalmente sua produção sempre foi feita a partir de leite cru. Assim, o emprego de qualquer tratamento térmico no leite utilizado na produção do QMA é proibido. Esta condição é garantida em análise físico-química pela presença da fosfatase residual, que deve estar presente no QMA (Nasser et al., 2016)

O teor de gordura no QMA pode estar relacionado a diversos fatores que influenciam o percentual de gordura do leite, como tipo de alimentação e raça do rebanho, fase de lactação e saúde dos animais (Pereira, 2019). Assim, a composição do leite influencia diretamente nas características físico-químicas do queijo, além de variações nas condições e técnicas de fabricação de queijos de diferentes regiões ou entre queijos de uma mesma região devido ao manejo adotado em cada propriedade (Costa Júnior et al., 2019; Pereira, 2019; Dargère et al., 2023). O aumento do pH durante o processo de maturação pode estar relacionado às proteases presentes no leite e no "pingo" que resulta na degradação de proteínas em compostos alcalinos alterando assim os valores de pH entre as diversas regiões (Figueiredo, 2018; Pereira, 2019; Dargère et al., 2023).

Em relação ao percentual de gordura, Dargère et al. (2023) demonstrou diferenças de acordo com a região de origem, com valores maiores para os queijos do Triângulo Mineiro e menores valores nos queijos do Campo das Vertentes. Diferentemente, Costa Júnior et al. (2019), que relataram que os queijos da região do Campo das Vertentes apresentam maior teor de gordura (32,45% a 40,27%) do que o encontrado no estudo de Dargère et al. (2023) para queijos com mais de 60 dias de maturação; esta variação está possivelmente associada ao aumento gradual nas porcentagens de gordura, à perda de umidade e consequente concentração de sólidos.

Os animais da região da Canastra são formados principalmente por bovinos mestiços, oriundos do cruzamento entre *Bos taurus* e *Bos indicus* (IPHAN, 2014). Oliveira et al. (2013) definiram os queijos da região como semi-gordos, associando isso à proporção de gordura do leite, que é influenciado por fatores regionais e a dieta dos animais. Quanto à umidade, estes mesmos autores classificaram os queijos como de umidade alta (>46,5%), enquanto Fernandes et al. (2011) encontraram valores ainda mais elevados (54,3%) de umidade no queijo produzido na microrregião do Cerrado, indicando que a umidade média de todas as amostras foram superiores aos valores estabelecidos na legislação estadual vigente, sendo o limite máximo de 45,9%. No estudo de Dargère, et al. (2023), o teor de gordura dos queijos do Cerrado foi maior do que os relatado por Oliveira et al. (2017), e esta diferença pode estar relacionada à maior umidade conteúdos encontrados por esses autores, justificando a variação em queijos da mesma região (Pereira, 2019).

A umidade no queijo pode ser influenciada por fatores como método de produção, tamanho de corte dos grãos, agitação, sinérese, prensagem da massa do queijo, tempo de maturação, temperatura, e umidade do ambiente (Silva et al., 2023; Oliveira et al., 2018; Dargère et al., 2023). O sal reduz a atividade de água na matriz do queijo e, conseqüentemente, influencia o controle das atividades enzimáticas, a multiplicação microbiana e dos eventos bioquímicos que acontecem durante a maturação (Pereira, 2019; Dargère et al., 2023). A quantidade de sal utilizada no processo de salga varia entre produtores e regiões, assim como o tempo de salga, o que contribui para variações finais nesses parâmetros e umidade em QMA independente da origem (Costa Júnior et al., 2014; Pereira, 2019; Dargère et al., 2023).

De acordo com o Decreto Estadual nº 42.645 (MINAS GERAIS, 2002b) e alterações deste Decreto dadas pelo Decreto Estadual nº 44.864 (MINAS GERAIS, 2008), instituiu-se os parâmetros físico-químicos dos QMA devem apresentar: umidade de no máximo de 45,9g a cada 100g; Amido e Nitrato negativo em 100g; e Fosfatase residual positiva. Destaca-se nestes

decretos que: “Para queijo Minas Artesanal não é permitida a presença de nitrato. Os resultados obtidos por meio de métodos quantitativos apropriados que forem menores do que o limite de quantificação podem ser considerados negativos e/ou ausentes”.

Soares et al. (2018), avaliando a composição físico-química do QMA, identificou os parâmetros físico-químicos dos queijos produzidos na região Uberlândia-MG, microrregião do Triângulo Mineiro. Os resultados médios das análises realizadas após diferentes períodos de maturação foram de 2% de cloreto de sódio, 27% de proteínas, 5% de cinzas, 30% de gordura e 35% de umidade. Neste mesmo estudo a gordura no extrato seco foi de 47% e a acidez de 2 gramas de ácido láctico. Os queijos maturados por até 26 dias foram classificados como de baixa umidade (<35,9%).

Dargère et al. (2023) encontraram maiores teores de gordura nos queijos da região do Triângulo Mineiro (33,09%) e os menores nos queijos da região do Campo das Vertentes (23,47%). Em relação ao pH, os maiores valores foram observados na região do Campo das Vertentes (5,43) e os menores para os queijos da região da Serra do Salitre (4,76). Os queijos da região da Canastra diferiram nos teores de umidade dos de todas as outras regiões.

Dentre os fatores que interferem na umidade dos QMA, o principal é a maturação. A maturação interfere diretamente nos aspectos físico-químicos e sensoriais dos QMA, promovendo a transformação física, química, microbiológica e sensorial, que se processam através de enzimas lipolíticas e proteolíticas (Dias, 2007). Esta etapa do processo de produção do QMA é essencial, pois é durante a maturação que a umidade e o pH diminuem e a concentração de cloreto de sódio (NaCl) se eleva, contribuindo para multiplicação de microbiota importante para conferir textura, cor e sabor (Sales, 2015). O tempo de maturação varia com o tipo de queijo (ex.: média ou baixa umidade) e a região onde é produzido, como mencionado anteriormente, sendo determinante sobre as características sensoriais e na textura dos QMA produzidos (Prata et al., 2020).

A concentração de cloretos é parcialmente conferida pelo “pingo” que varia significativamente entre os produtores e entre os períodos do ano, modulando a multiplicação microbiana e impactando diretamente na fermentação, nos valores de pH e outras características dos QMA. Costa et al. (2022) relataram que a concentração de sal nos queijos e no pingo geralmente é maior no verão, o que altera significativamente diversas características sensoriais e microbiológicas o que altera a qualidade do produto final.

Nos queijos do Serro, o período mínimo de maturação estabelecido pela Portaria IMA nº 1.305 (MINAS GERAIS, 2013) é de 17 dias, para queijarias integrantes do SISBI/POA. Nesta região é comum produtores utilizarem como fermento láctico o próprio queijo artesanal, com três a cinco dias de fabricação, que é ralado e adicionado ao leite, sendo denominado como “rala” (Vale et al., 2018). Em estudo realizado por Vale et al. (2018) não houve diferença entre os QMA da região do Serro fabricados com “pingo” e “rala” para a maioria dos aspectos físico-químicos avaliados, com exceção de pH para o tempo de 3 dias. A partir do 24º dia de maturação é que os queijos fabricados com “pingo” apresentaram aumento de pH, provavelmente ocorrido pela degradação proteica proveniente das atividades enzimáticas. Já os queijos fabricados com “rala” apresentaram menor pH para o tempo 10 dias de maturação, quando comparado aos tempos 24 e 31 dias. Neste estudo, os queijos só atenderam às exigências da legislação estadual (MINAS GERAIS, 2008) a partir dos 31 dias de maturação, que preconiza um teor de umidade inferior a 46%.

Em um estudo realizado por Castro et al. (2016), o QMA do Campo das Vertentes apresentou teor de umidade entre 49,4 e 56% enquanto fresco, já Costa Junior et al. (2014) identificaram umidade de 39,42% após 10 dias de maturação e em torno de 30% após 30 dias de maturação. Os autores concluíram que no período seco, os queijos podem ser classificados como de baixa e média umidade, porém no período chuvoso, a tendência de classificação desses queijos é de serem classificados como de baixa umidade. De acordo com Costa Junior et al.

(2014), as queijarias artesanais desta região alteram suas tecnologias de fabricação nos períodos seco e chuvoso devido a influência das variações ambientais na qualidade físico-química dos QMA, e deixam o ponto do grão da coalhada mais úmido no período seco para suportar a menor umidade relativa do ar ao longo da maturação e tornar os queijos mais úmidos durante toda maturação. Em relação ao pH, o QMA do Campo das Vertentes apresentou variação de 5,4 - 5,5 quando frescos (Castro et al, 2016), e por volta de 5,0 - 5,1 com 10 dias de fabricação (Costa Junior et al., 2014). A Portaria IMA nº 2.051 define o período de maturação do QMA da microrregião em no mínimo de 22 dias (IMA, 2021).

Oliveira et al. (2013) caracterizaram os QMA da Serra da Canastra como de média umidade (44,90%). Resende (2010) apontou uma variação na proporção de gordura entre 27,0 e 29,5%, devido ao fato de a gordura do leite ser o componente mais variável, sendo influenciado por diversos fatores, como raça e dieta dos animais, incluindo o período do ano e a hora da ordenha. Já Oliveira et al. (2013) demonstraram que os queijos coletados das microrregiões da Canastra, do Cerrado e do Serro apresentaram uma média de matéria seca de 53%, percentual proteico de 18%, acidez de 0,5% e concentração de NaCl de 1,9%. E os queijos da região da Serra do Salitre, quando recém-fabricados apresentaram um teor de umidade em torno de 53,1%, pH 5,18 e cloretos 1,52% (Figueiredo, 2018).

3. PERSPECTIVAS

O QMA não só é uma tradição gastronômica do nosso país, mas também uma tradição cultural, transferida entre gerações. Como a produção do QMA é realizada apenas com o leite cru, acrescentado de fermento endógeno, extraído na própria produção, coalho bovino e sal, este produto encaixa-se muito bem na categoria de produtos saudáveis, ao qual o consumo está em movimento crescente no Brasil. As constantes premiações que esses queijos vêm adquirindo

em concursos específicos tanto nacionais quanto internacionais também contribui para o aumento da visibilidade e consumo do QMA.

Assim, o QMA vem ganhando notoriedade e os produtores estão buscando regularizar sua produção e comércio. Espera-se que o Estado de Minas Gerais, através da SEAPA e das suas instituições vinculadas (IMA, EMATER e EPAMIG) continuem a conduzir estudos de caracterização de microrregiões produtoras, a monitorar da qualidade e inocuidade dos queijos produzidos nas queijarias registradas no SIE, e publicar atualizações em relação à regulamentação da produção do e comércio do QMA.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRETTA, M., ALMEIDA, T. T., FERREIRA, L. R., CARVALHO, A. F., YAMATOGLI, R. S., NERO, L. A. **Microbial safety status of Serro artisanal cheese produced in Brazil**. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 12, p. 10790–10798, 1 dez. 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16967>

BOARI, C. A. História dos queijos artesanais no Brasil. **SerTãoBrás**. Disponível em <https://sertaobras.org.br/um-pouco-da-historia-da-producao-e-da-cura-de-queijos-artesanais-no-brasil/> Acesso em: 18 out. 2023

ARAUJO, J. P. A., CAMARGO, A. C., CARVALHO, A. F., NERO, L. A. **Uma análise histórico-crítica sobre o desenvolvimento das normas brasileiras relacionadas a queijos artesanais**. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.72, n.5, p.1845-1860, 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11766>

BRASIL. Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (revogado pelo Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017). **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, GB, 07/07/1952, seção 1 [1952].

BRASIL. Decreto nº 1255 de 25 de junho de 1962. Altera o Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952, que aprovou o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (revogado pelo Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04/07/1962, seção 1 [1962].

BRASIL. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos em anexo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11/03/1996, seção 1 [1996a].

BRASIL. Lei nº 9.279 de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15/05/1996, seção 1 [1996b].

BRASIL. Resolução n° 7 de 28 de novembro de 2000. Oficializar os Critérios de Funcionamento e de Controle da Produção de Queijarias, para seu Relacionamento junto ao Serviço de Inspeção Federal, conforme consta dos Anexos desta Resolução. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02/01/2001, seção 1 [2000].

BRASIL. Decreto n° 5.741 de 30 de março de 2006. Regulamenta os arts. 27-A, 28-A e 29-A da Lei n° 8.171 de 17 de janeiro de 1991, organiza o Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31/03/2006, seção 1 [2006].

BRASIL. Instrução Normativa n° 57 de 15 de dezembro de 2011. Permitir que os queijos artesanais tradicionalmente elaborados a partir de leite cru sejam maturados por um período inferior a 60 (sessenta) dias, quando estudos técnico-científicos comprovarem que a redução do período de maturação não compromete a qualidade e a inocuidade do produto. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16/12/2011, seção 1 [2011].

BRASIL. Portaria SDA n° 336 de 04 de maio de 2012. Reconhecer a equivalência do Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, por intermédio da Gerência de Inspeção de Produtos do Instituto Mineiro de Agropecuária, para adesão ao Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07/05/2012, seção 1 [2012].

BRASIL. Instrução Normativa n° 30 de 07 de agosto de 2013. Permitir que os queijos artesanais tradicionalmente elaborados a partir de leite cru sejam maturados por um período inferior a 60 (sessenta) dias, quando estudos técnico-científicos comprovarem que a redução do período de maturação não compromete a qualidade e a inocuidade do produto. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08/08/2013, seção 1 [2013].

BRASIL. Decreto n° 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei n° 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei n° 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30/03/2017, seção 1 [2017].

BRASIL. Lei n° 13.680, de 14 de junho de 2018. Altera a Lei n° 1.283, de 18 de dezembro de 1950, para dispor sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15/06/2018, seção 1 [2018].

BRASIL. Decreto n° 11.099, de 21 de junho de 2022. Regulamenta o art. 10-A da Lei n° 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei n° 13.860, de 18 de julho de 2019, para dispor sobre a elaboração e a comercialização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22/06/2022, seção 1 [2022a].

BRASIL. Instrução Normativa ANVISA n° 161, de 1° de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06/07/2022, seção 1 [2022b]

BRASIL. Lei nº 13.860, de 18 de julho de 2022. Dispões sobre a elaboração e a comercialização de queijos artesanais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19/07/2022, seção 1 [2022c].

BRUMANO, E. C. C. **Impacto do tipo de fermento endógeno na qualidade e tempo de maturação de queijo minas artesanal produzido em propriedades cadastradas pelo IMA (INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA) na região do Serro-MG**. Viçosa, MG, Brasil. Universidade Federal de Viçosa, 2016 (Dissertação de Mestrado).

CAMARGO, A. C. ARAÚJO, J. P. A., FUSIEGER, A., CARVALHO, A. F., NERO, L. A. **Microbiological quality and safety of Brazilian artisanal cheeses**. Brazilian Journal of Microbiology, v. 52(1), p. 393–409, mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00416-9>

COSTA JÚNIOR, L. C. G., MORENO, V. J., MAGALHÃES, F. A. R., COSTA, R. G. B., RESENDE, E. C., CARVALHO, K. B. A. **Maturação do Queijo Minas Artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 69, n. 2, p. 111-120, mai 2014. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i2.326>

CASTRO, R. D., OLIVEIRA, L. G., SANT'ANNA, F. M., LUIZ, L. M. P., SANDES, S. H. C., SILVA, C. I. F., SILVA, A. M., NUNES, A. C., PENNA, C. F. A. M., SOUZA, M. R. **Lactic acid microbiota identification in water, raw milk, endogenous starter culture, and fresh Minas artisanal cheese from the Campo das Vertentes region of Brazil during the dry and rainy seasons**. Journal of Dairy Science, v. 99(8), p. 6086–6096, 2016. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10579>.

COSTA, R. G. B., SOBRAL, D., PAIVA, C. S., LIMA, M. S., FONSECA, N. O., SILVA, M. P., BORGES, M. C. O., MARTINS, M. S. **Os queijos Minas artesanais – uma breve revisão**. Research, Society and Development, v. 11, n. 8, p. e16911830012, jun. 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30012>

COSTA JÚNIOR, L. C. G., MORENO, V. J., MAGALHÃES, F. A. R., COSTA, R. G. B., RESENDE, E. C., CARVALHO, K. B. A. **Maturação do queijo artesanal da microrregião Campo das Vertentes e os efeitos dos períodos seco e chuvoso**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 69, p. 111–120, 2014. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v69i2.326>

DARGÈRE, A. F., PINTO, S. M., ABREU, L. R., CORREIA, L. F., SANTOS, D. B., SILVA, J. G., MARÇAL, J. O., GARBOSSA, C. A. P., FARIA, R. A. P. G., FARIA, P. B. **Artisanal Minas cheese parameters associated with regions of origin in Minas Gerais, Brazil**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 75, n. 3, p. 395–406, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-12851>

DIAS, G. **Influência do uso de *Geotrichum candidum* nas características físico-químicas e sensoriais do queijo tipo camembert**. Viçosa. MG, Brasil. Universidade Federal de Viçosa, 2007 (Dissertação de Mestrado).

EMATER-MG. **Mapa das regiões produtoras de queijo minas artesanal**. Comunicação pessoal, 2022. [2022a]

EMATER-MG. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Levantamento da EMATER-MG mostra que Minas Gerais tem 32 mil agroindústrias familiares.** EMATER-MG 17 fev. 2022. [2022b] Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/portal.do/site-noticias/levantamento-da-emater-mgmostra-que-minas-gerais-tem-32-mil-agroindustriasfamiliares/?flagweb=novosite_pagina_interna_noticia&id=26273. Acesso em: 16 out. 2023.

FERNANDES, R. V. B., BOTREL, D. A., ROCHA, V. V., SOUZA, V. R., CAMPOS, F. M., MENDES, F. Q. **Avaliação físico-química, microbiológica e microscópica do Queijo Artesanal comercializado em Rio Paranaíba – MG.** Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 66. P. 21-26, 2011.

FIGUEIREDO, R. C. **Perfil socioeconômico de agricultores familiares e caracterização de queijo Minas Artesanal de Serra do Salitre (MG) em diferentes períodos de maturação e épocas do ano.** Belo Horizonte, MG, Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais, 2018 (Dissertação de Mestrado).

FIRMO, M. J. N. MENEZES, L. D. M., SALES, G. A., CARVALHO, A. F., COSTA, N. M. E. P. L., LEITE JÚNIOR, B. R. C., MARTINS, M. L. **Diagnosis of the microbiological quality of fiscal artisanal Minas cheese samples.** Food Control, v. 153, nov. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109887>

GUTIERREZ, E. M. R., DOMARCO, R. E., SPOTO, M. H. F., BLUMER, L., MATRAIA, C. **Efeito da radiação gama nas características físico-químicas e microbiológicas do queijo prato durante a maturação.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 24(4), p. 596-601, dez. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000400020>

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Modo artesanal de fazer queijo de Minas: Serro, Serra da Canastra e Serra do Salitre (Alto Paranaíba).** Brasília, DF : Ministério da Cultura, 2014.

LIMA, C. F. **Estudo do Tempo de maturação do Queijo Minas Artesanal do Triângulo Mineiro: Análises microbiológicas e físico-químicas.** Patos de Minas, MG, Brasil. Universidade Federal de Uberlândia, 2021 (Dissertação de Mestrado).

MARTINS, J. M., GALINARI, E., PIMENTEL-FILHO, N. J., RIBEIRO JÚNIOR, J. I., FURTADO, M. M., FERREIRA, C. L. L. F. **Determining the minimum ripening time of artisanal Minas cheese, a traditional Brazilian cheese.** Brazilian Journal of Microbiology, v. 46 (1), p. 219-230, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-838246120131003>

NASSER, V. G., VISÔTTO, L. E., CAMPOS, F. M., FERNANDES, R. V. B., BOTREL, D. A. **A microbiological and physical-chemical based evaluation of artisanal Minas cheese production in Rio Paranaíba city, Minas Gerais, Brazil.** Revista Acadêmica Ciência Animal, v. 14, p. 47-56, 15 fev. 2016. <https://doi.org/10.7213/academica.14.2016.05>

MINAS GERAIS. Lei nº 14.185 de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais,** Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 01/02/2002, pág. 3, col. 2. Disponível em:

<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/14185/2002/> Acesso em: 21 set. 2023 [2002a].

MINAS GERAIS. Decreto nº 42.645 de 05 de junho de 2002. Aprova o Regulamento da Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 06/06/2002, pág. 18, col. 2. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/42645/2002/?cons=1> Acesso em: 21 set. 2023 [2002b].

MINAS GERAIS. Decreto nº 44.864 de 01 de agosto de 2008. Altera o Regulamento da Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 02/08/2008, pág. 1, col. 2. Disponível em <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/DEC/44864/2008/> Acesso em: 26 set. 2023 [2008].

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1305 de 30 de abril de 2013. Estabelece diretrizes para a produção do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte. MG. Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1958-portarias-ano-2013> Acesso em: 26 set 2023 [2013].

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1403 de 02 de maio de 2014. Identifica a Região do Vale do Jequitinhonha como produtora de Queijo Cabacinha. Belo Horizonte, MG. Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1959-portarias-ano-2014> Acesso em: 07 out 2023 [2014].

MINAS GERAIS. Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 19/12/2018, pág. 1, col. 1. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/23157/2018/> Acesso em: 20 out. 2023 [2018].

MINAS GERAIS. Decreto nº 48.024 de 19 de agosto de 2020. Regulamenta a Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018, que dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 20/08/2020, pág. 1, col. 1. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/DEC/48024/2020/> Acesso em: 26 set. 2023 [2020a].

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1969 de 26 de março de 2020. Dispõe sobre a produção de Queijo Minas Artesanal em queijarias e entrepostos localizados dentro de microrregiões definidas e para as demais regiões do Estado, caracterizadas ou não como produtora de Queijo Minas Artesanal – QMA. Belo Horizonte, MG. Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1965-portarias-ano-2020> Acesso em: 19 out. 2023 [2020b]

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 1985 de 16 de junho de 2020. Identifica a região da Mantiqueira como produtora do Queijo Artesanal Mantiqueira de Minas. Belo Horizonte, MG. Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1965-portarias-ano-2020> Acesso em: 07 out 2023 [2020c].

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria n° 1986 de 16 de junho de 2020. Identifica o município de Alagoa como produtor do Queijo Artesanal de Alagoa. Belo Horizonte, MG. Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1965-portarias-ano-2020> Acesso em: 07 out 2023 [2020d].

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria n° 2051 de 07 de abril de 2021. Define o período de Maturação do QMA produzido nas microrregiões de Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Serra do Salitre, Serro e Triângulo Mineiro. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG. Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/institucional/portarias/1819-portarias/1966-portarias-ano-2021> Acesso em: 26/09/2023 [2021].

MONTEIRO, R. P., DA MATTA, V. M. **Queijo Minas Artesanal: Valorizando a Agroindústria Familiar**. 1. ed. Brasília, DF. EMBRAPA, 2018.

NETTO, M. M., **A geografia do Queijo Minas Artesanal**. Rio Claro, SP, Brasil. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011 (Tese de Doutorado).

OLIVEIRA, A. L., CRUZ, R. G., PASSOS, L. P., ALVES, L. C., DORES, M. T. **Caracterização do Queijo Minas Artesanal do Cerrado mineiro da região do Alto Paranaíba**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 03(06), p. 0824-0828, 2017. <https://doi.org/10.18540/jcecvl3iss6pp0824-0828>

OLIVEIRA, S. P. P., MARTINS, J. M., NOGUEIRA, C. H., VALE, R. C., RODRIGUES, M. P. J., GALLETI, A. N. **Características físico-químicas de queijo Minas artesanal do Serro fabricados com pingo e com rala**. Revista Do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 73(4), p. 235–244, 2018. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v73i4.717>

OLIVEIRA, D. F., PORTO, M. A. C., BRAVO, C. E. C., TONIAL, I. B. (2013). **Caracterização físico-química de Queijos Minas Artesanal produzidos em diferentes microrregiões de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Economia Doméstica, v. 24(2), p. 185–196, 2013.

PENNA, A. L. B.; GIGANTE, M. L.; TODOROV, S. D. **Artisanal brazilian cheeses—history, marketing, technological and microbiological aspects**. Foods. (2021), v. 10, p. 1-21, jul. 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10071562>

PEREIRA, D. A. Efeito de diferentes condições de maturação nas características de Queijo Minas Artesanal. Lavras, MG, Brasil. Universidade Federal de Lavras, 2019 (Tese de Doutorado).

PINEDA, A. P. A., CAMPOS, G. Z., PIMENTEL-FILHO, N. J., FRANCO, B. D. G. M., PINTO, U. M. **Brazilian Artisanal Cheeses: Diversity, Microbiological Safety, and Challenges for the Sector**. Frontiers in Microbiology. (2021), v. 12, p. 1-16, abr. 2021.

PINTO, M. S., SOBRAL, D., TEODORO, V. A. M., SANTOS, A. L., PEREIRA D. A. **Efeito do processamento sobre as características físico-químicas de Queijos Artesanais produzidos na região do Serro, MG**. Higiene Alimentar, v. 24, n. 180/181, p. 151-156, jan./fev. 2010.

PRATA, B. M., SILVA, A. C., VIANNA, P. C. B., NAVES, E. A. A. **Perfil sensorial e físico-químico de queijo Minas Artesanal produzido na microrregião de Araxá, Brasil.** Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. e671997782, set. 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7782>

REIS, A. R. **Caracterização físico-química e identificação dos elementos metálicos dos Queijos Minas do Serro e Minas da Serra da Canastra.** Belo Horizonte, MG, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998 (Dissertação de Mestrado).

RESENDE, M. F. S. **Queijo Minas Artesanal da serra da Canastra: Influência da altitude e do nível de cadastramento das queijarias nas características físico-químicas e microbiológicas.** Belo Horizonte, MG, Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010 (Dissertação de Mestrado).

ROCHA, L. S., DA CRUZ, A. G. **Queijos Artesanais brasileiros: história do consumo e aspectos regulatórios.** Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, v. 3, n. 1, p 26-39, 2022.

SÁ, L. F. C., MARTINS, J. M., MARTINS, M. L., ELLENA, E. A., MOREIRA, B. C., BENEVENUTO, W. C. A. N., PEREIRA, D. A. **Qualidade microbiológica do queijo Minas artesanal do Campo das Vertentes.** Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 11, p. 110013–110028, 21 jan. 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-567>

SALES, G.A. **Caracterização microbiológica e físico-química de queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá - MG durante a maturação em diferentes épocas do ano.** Belo Horizonte, MG, Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais, 2015 (Dissertação de Mestrado).

SANT'ANNA, F. M., WETZELS, S. U., CICCIO, S. H. S., FIGUEIREDO, R. C., SALES, G. A., FIGUEIREDO, N. C., NUNES, C. A., SCHMITZ-ESSER, S., MANN, E., WAGNER, M., SOUZA, M. R. **Microbial shifts in Minas artisanal cheeses from the Serra do Salitre region of Minas Gerais, Brazil throughout ripening time.** Food Microbiology, v. 82, p. 349-362, set. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.016>

SILVA, C. B. FERREIRA, L. M., LIMA, A. R., ARAÚJO, K. G. L., SOUZA, R. M., FONSECA, A. B. M., GONZALES, A. G. M. **Microbiological quality and cultivable bacterial community of fresh and ripened Minas cheeses made from raw and pasteurised milk.** International Dairy Journal, v. 143, ago. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105662>

SOARES, D. B. et al. **Análise sanitária e físico-química e adequação bacteriológica do Queijo Minas Artesanal produzido em duas propriedades.** Ciência Animal Brasileira, v. 19, p. 1-13, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v19e-36499>

VALE, C. V., RODRIGUES, M. P. J., MARTINS, J. M. **Influência do tipo de fermento nas características físico-químicas de queijo Minas artesanal do serro – Minas Gerais, maturado em condições controladas.** Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 73, p. 82-90, 2018. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v73i2.686>

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GERAL

A partir de uma análise crítica de dados oficiais do IMA, realizar um diagnóstico sobre a conformidade do QMA em relação ao período mínimo de maturação e critérios físico-químicos e microbiológicos; e associar tempo mínimo de maturação, umidade e embalagem às características microbiológicas, permitindo identificar como esses fatores podem influenciar as contagens de microrganismos indicadores de qualidade e também os aspectos de identidade do produto.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a conformidade de amostras oficiais de QMA em relação ao período mínimo de maturação, teor de umidade, fosfatase residual e amido.
- Avaliar a ocorrência dos patógenos *L. monocytogenes* e *Salmonella* nas amostras de QMA.
- Identificar a conformidade de amostras de QMA embaladas a vácuo em relação ao período mínimo de maturação e teor de umidade.
- Associar o período mínimo de maturação e a umidade do QMA com as contagens médias de coliformes totais, *Escherichia coli* e estafilococos coagulase positiva.

CAPÍTULO 01. Compliance of Minas Artisanal Cheese official samples with minimum ripening time and moisture criteria and their relations with hygiene indicator microorganisms counts

Rafael Bombachi et al.

Manuscript for submission to Food Microbiology

Title page

Compliance of Minas Artisanal Cheese official samples with minimum ripening time and moisture criteria and their relations with hygiene indicator microorganisms counts

Rafael Bombachi^{1,2}, Anderson Carlos Camargo^{1,3}, Maria José Novaes Firmo², Liliane Denize Miranda Menezes², Andressa Fusieger^{1,3}, Antonio Fernandes de Carvalho³, Luís Augusto Nero^{1*}

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Veterinária, Avenida PH Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-900 Viçosa, MG, Brazil

² Instituto Mineiro de Agropecuária, Belo Horizonte, MG, CEP 31630-901, Brazil

³ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Avenida PH Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-900 Viçosa, MG, Brazil

* Corresponding author: LA Nero, nero@ufv.br, tel. +55 31 3612 5615.

Abstract

This study aimed to provide a critical analysis of official data obtained by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) regarding the compliance of ripening time and moisture criteria defined by the Minas Gerais state, Brazil, for Minas Artisanal Cheese (MAC) (in Portuguese: Queijo Minas Artesanal, QMA), and how these parameters can influence the compliance to microbiological criteria. MAC samples collected between January 2010 to May 2023 (n = 1,803) were analyzed. Few non-compliant samples were identified due to the absence of alkaline phosphatase and presence of amid. High relative frequencies of non-compliance with ripening time were identified in MAC samples from producer regions of Cerrado, Serra do Salitre, Araxá and Serro (88.5%, 66.7%, 63.4% and 62.2%, respectively), and high relative frequencies of non-compliance to moisture were identified in MAC samples from Serro, Serra do Salitre and Cerrado (36.5%, 29.0% and 24.4%, respectively). Counts of total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci were significantly higher ($p < 0.0001$) in samples in non-compliance to the minimum ripening time and moisture content; when these data were analyzed per producing region, this trend was observed only for MAC produced in Serro. A high relative frequency of vacuum-packed MAC samples from Serro were in non-compliance to ripening time and moisture content; their microbiological compliance was compared according to origin municipalities. The lack of data regarding ripening time hampered an adequate analysis over the years, as this information was absent for all MAC samples collected and processed since 2022 (n = 150); such information must be systematically recorded during MAC sampling for surveillance programs, due to its relevance for identity, quality and safety. Our data also indicate the need to implement educational programs to improve the adequacy of MAC to official criteria.

Keywords: official data, ripening time, moisture content, producer regions, Serro region

1. Introduction

Brazilian artisanal cheeses are unique products that represent cultural heritage and identity of producer regions (Araujo et al., 2020; Penna et al., 2021). The state of Minas Gerais (MG) is a major producer of artisanal cheeses in Brazil, being the Minas Artisanal Cheese (MAC) the variety most popular in the country. Nowadays, the state of MG has ten officially recognized MAC producing regions: Araxá, Campos das Vertentes, Cerrado, Serra da Canastra, Serra do Salitre, Serro, Triângulo Mineiro, Serras da Ibitipoca, Diamantina and Entre Serras da Piedade ao Caraça (Costa et al., 2022). However, there is no impediment for MAC producers located in other regions of the state or producers of other varieties of artisanal cheeses to regulate their production and commercialization (Emater, 2019; 2021; IMA, 2014a; 2014b; 2020b).

The MAC production consists of using a rennet and a natural starter culture that are added to raw cow milk and after the milk coagulates, the curd is cut, stirred, drained, molded under pressure, dry salted and subjected to ripening at room temperature or at controlled temperatures ranging from 12 to 18 °C (IMA, 2020a). The characteristics of the cattle dairy herd and their diet, geoclimatic properties, as well as peculiarities in manufacturing process and ripening conditions determine the unique identity of MAC across the regions (Araujo et al., 2020; Costa et al., 2022; IMA, 2021a; Kamimura et al., 2019; Penna et al., 2021).

The raw milk used for artisanal cheese production may have a natural diverse microbiota and during the producing process the cheeses are exposed to contamination from handlers, utensils and the environment. Due to its nutritional value, cheeses support the growth of a range of microorganisms, including spoilage and pathogenic groups (Camargo et al., 2021). Therefore, good hygiene and manufacturing practices must be followed in all production steps; the ripening time and packaging are relevant steps of MAC production as they play a major influence on the modulation of cheese microbiota as well as physicochemical characteristics,

and consequently contributes to quality, safety and identity of the product (Costa et al., 2022; Kamimura et al., 2019).

In the last years, federal agencies turn available important regulations for artisanal foods in Brazil, as the Federal Law 13.680 (June 14, 2018), that addressed production and commercialization rules for such foods (Brazil, 2018) and the Decree 9.918 (July 18, 2019), that deals with recognition of artisanal cheeses by the ARTE certification (in Portuguese, Selo ARTE), for artisanal products (Brazil, 2019a); further complementary norms on ARTE certification were then published (Brazil, 2019bc). The state of MG has established its own norms and technical guidelines for MAC production and inspection, led by the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), a state organ linked to the Brazilian Ministry of Agriculture and Livestock Production (in Portuguese, Ministério da Agricultura e Pecuária). Currently, the production characteristics and the microbiological and physicochemical criteria for MAC are established in the MG State Decrees nº 42.645 (June 05, 2002) and nº 44.864 (August 01, 2008) and Ordinance nº 2.051 (April 07, 2021) (MINAS GERAIS, 2002; MINAS GERAIS, 2008; IMA, 2021).

In a previous study, Firmo et al. (2023) conducted a diagnosis on the microbiological quality and safety of MAC samples officially collected and analyzed by IMA, comprising a total of 1,390 samples from 364 producers, obtained from 2010 to 2021; the authors associated the microbiological data with producing region and ripening time. In this study, we aimed to expand the analysis of the official data from MAC samples collected and analyzed by IMA, based on a critical analysis to associate minimum ripening time, moisture and packaging to microbiological characteristics, allowing to identify how these factors can influence the compliance to microbiological criteria.

2. Materials and Methods

A total of 1,803 MAC samples were collected from 408 producers registered in the IMA between 2010 to 2023 (**Table 1**). MAC samples were subjected to physicochemical and microbiological analysis in the Laboratory of Microbiological Safety in Food (in portuguese: Laboratório de Análises Microbiológicas em Alimentos) and Laboratory of Food Physical-Chemical Analysis (in portuguese: Laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos, LAFQ) (IMA, Contagem, Minas Gerais, Brazil). The data was subjected to a critical analysis, allowing to identify how ripening time and moisture of the cheeses may influence the compliance with microbiological criteria. Vacuum packaged MAC samples obtained from Araxá (n = 7), Canastra (n = 11) and Serro (n = 278) were also subjected to analysis for their compliance to minimum ripening time (MRT) and moisture criteria, and possible relation between the packaging and moisture content was checked.

During the sampling procedures, the MAC ripening time was recorded and the samples sent to physicochemical and microbiological analysis. The MRT can vary across the MG producer regions, being 14 days for Araxá, Canastra, Serra do Salitre (for Araxá the MRT was 22 days up to July 26, 2017, and 14 days after that date, according to IMA Ordinance nº 1.736 (IMA, 2017); and for Canastra and Serra do Salitre was 22 days up to April 6, 2021, and 14 days after that date, according to IMA Ordinance nº 2.051, (IMA, 2021a); 17 days for Serro; and 22 days for Campos das Vertentes, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Triângulo Mineiro, Serras da Ibitipoca, and for MAC produced in no designed regions.

The microbiological and physicochemical criteria are the same for all MAC, independent of MRT. The moisture content was determined using a gravimetric method, and detection alkaline phosphatase and amid was performed at IMA laboratory as recommended by (MAPA, 2022). The microbiological analysis was carried out as previous descried by Firmo et al., (2023) at IMA laboratory. Total coliforms and *Escherichia coli* were enumerated using Petrifilm EC

Table 1. Number of tested samples of artisanal cheeses obtained from distinct producer regions and cheese producers registered in Minas Gerais state, Brazil, in the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), between 2010 and 2023.

Producer region	cheese producers	number of tested samples (per year)														<i>total</i>
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
Araxá	34	8	18	10	20	6	11	10	19	11	2	0	3	14	2	134
Campo das Vertentes	9	1	1	3	2	3	3	5	5	0	3	3	1	7	11	48
Canastra	80	27	22	23	35	61	44	41	53	54	14	11	10	22	8	425
Cerrado	64	21	25	17	30	32	9	4	28	18	5	4	1	2	2	198
Entre Serras	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
Serra do Salitre	14	6	7	0	10	9	9	7	11	2	0	4	0	1	1	67
Serro	174	74	91	51	92	102	54	49	114	62	74	23	16	41	19	862
Triângulo Mineiro	15	0	0	0	3	3	4	0	9	5	0	0	0	3	2	29
no designed region	17	0	0	0	2	1	1	2	6	2	4	2	5	8	3	36
<i>total</i>	<i>408</i>	<i>137</i>	<i>164</i>	<i>104</i>	<i>194</i>	<i>217</i>	<i>135</i>	<i>118</i>	<i>245</i>	<i>154</i>	<i>102</i>	<i>47</i>	<i>36</i>	<i>102</i>	<i>48</i>	<i>1803</i>

(3M™, St Paul, MN, USA), according to AOAC (2019a). Coagulase positive staphylococci were enumerated based on ISO (2019). For detection of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*, an Elisa linked fluorescent assay (ELFA) was used together with the Vidas™ 30 equipment (bioMérieux, Marcy l'Étoile, France), according to AOAC (2019b; 2019d). For isolation and identification, samples that tested positive for *Salmonella* spp. and *L. monocytogenes* were sub cultured for detection of the target pathogens, based on official protocols (AOAC, 2019c; AOAC, 2019d, AOAC, 2019e; ISO, 2017; ISO, 2020).

Frequencies of MAC samples in compliance and non-compliance with ripening time and moisture were calculated based on producing region and sampling year. Mean counts of total coliforms, *E. coli* and coagulase positive staphylococci were calculated based on producing region and compliance and non-compliance to ripening time and moisture, and compared by Analysis of Variance ($P < 0.05$). We also conducted the same analysis for MAC samples that were vacuum packaged, produced specifically in six municipalities from Serro region. All analysis were conducted using XLSTAT 2022.2.1 (Addinsoft, New York, NY, USA).

3. Results and Discussion

Sampling effort was conducted in 8 MAC producing regions; most of the MAC samples were obtained from Serro, Canastra and Cerrado regions (47.8%, 23.6% and 11.0%, respectively), with similar frequencies for producers (42.6%, 19.6% and 15.7%, respectively). In general, the distribution of relative frequencies of collected and analyzed MAC samples per region was in coherence with the distribution of relative frequencies of producers per region (data not shown). Despite the IMA efforts to organize this sector, it is notably the fluctuations in the numbers of registered MAC producers along the years of this study, independently of the producer region. During the sampling time, 2010 to 2023, 408 producers were officially

registered in IMA, from which only 137 were actively registered in October 2023 and located in Serro (56.2%), Canastra (16.0%) and Araxá (7.3%). The fluctuations in the numbers of MAC producers along the years indicate the lack of the proper organization of the sector: it is expected that the implementation of "ARTE" certification will support and improve the organization of the MAC producers, once 108 producers registered in IMA were certified since 2019 (IMA, personal communication).

The number of MAC samples and their relative frequencies in compliance and non-compliance with MRT determined by IMA are presented in the **Figure 1A** for each producer region. MAC samples from Cerrado, Serra do Salitre, Araxá and Serro presented higher relative frequencies of non-compliance for the ripening time (88.5%, 66.7%, 63.4% and 62.2%, respectively). The relative frequencies of MAC samples in non-compliance with MRT for each producer region from 2010 to 2023 are presented in the **Figure 1B**. An adequate analysis over the sampling years was jeopardized by two important factors: the sampling effort decreased in the years following the beginning of the Covid-19 pandemics (since 2020), as indicated in the **Table 1**, and the absence of ripening time records for all MAC samples collected and processed in the years of 2022 and 2023 ($n = 150$).

The MRT may change based on producer region from a minimum of 14 to 22 days according to IMA, but the moisture criterium is the same for all MAC, not to exceeding 45.9% (IMA, 2021b). The results presented in the **Figure 2A** revealed that MAC samples from Serro, Serra do Salitre and Cerrado presented high relative frequencies of non-compliance to moisture criteria (36.5%, 29.0% and 24.4%, respectively). Due to the high sampling effort in the Serro region, it was possible to observe a clear trend of high frequencies of non-compliance samples to moisture along the sampling years (**Figure 2B**). Although the data showed the compliance with the moisture criterium since 2019 for MAC samples from Cerrado, it should be noted that sampling was also impaired during this period in the region (**Table 1**), being only 14 samples

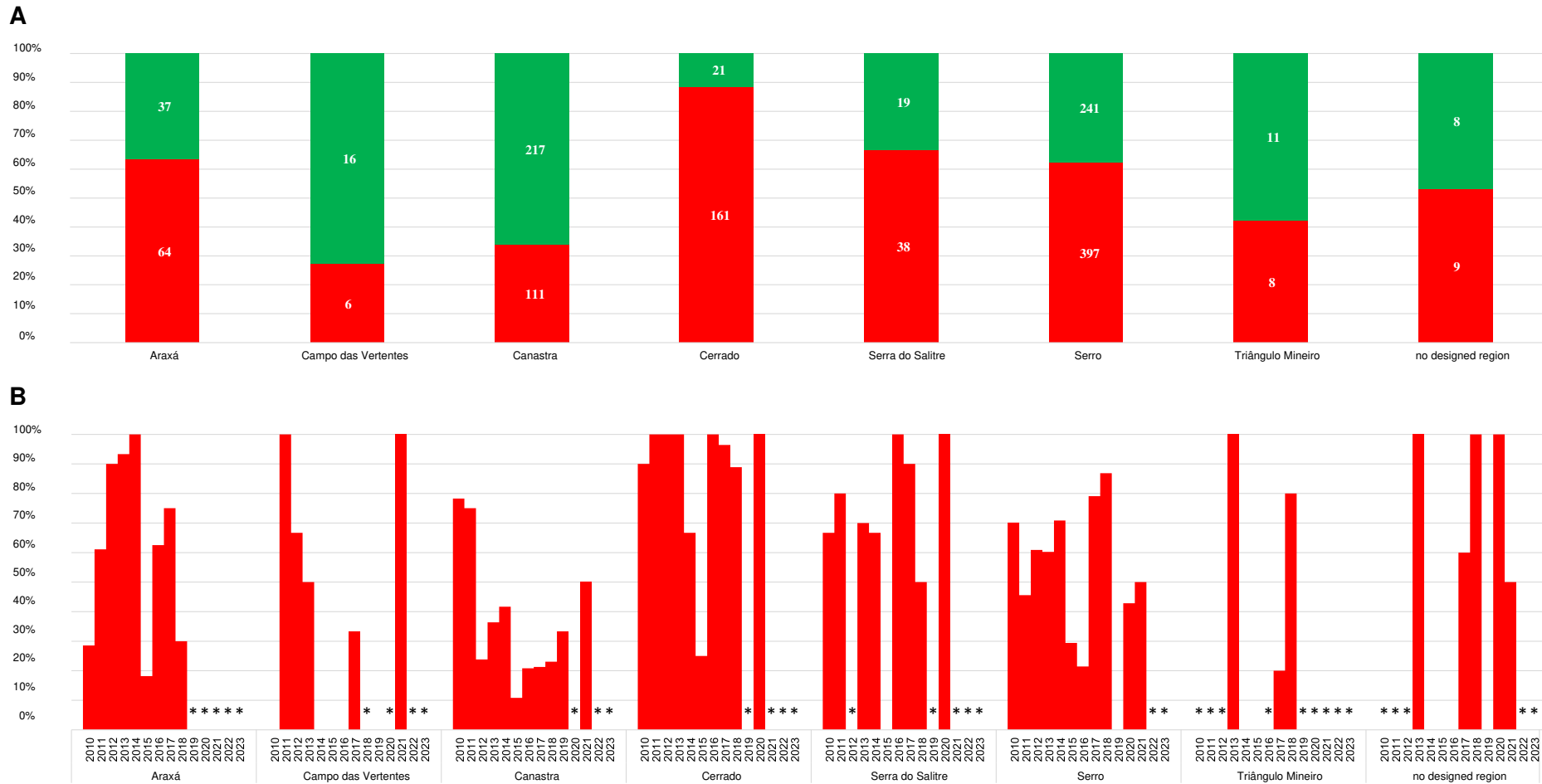


Figure 1. A) Relative frequencies (%) and frequencies (n) of artisanal cheeses samples analyzed by the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) between 2010 and 2023 in compliance (green) and non-compliance (red) with the established ripening time per producer region. B) Relative frequencies (%) of artisanal cheese samples in non-compliance with the established ripening time per producing region, from 2010 to 2023 (years with asterisks indicate absence of the ripening time records).

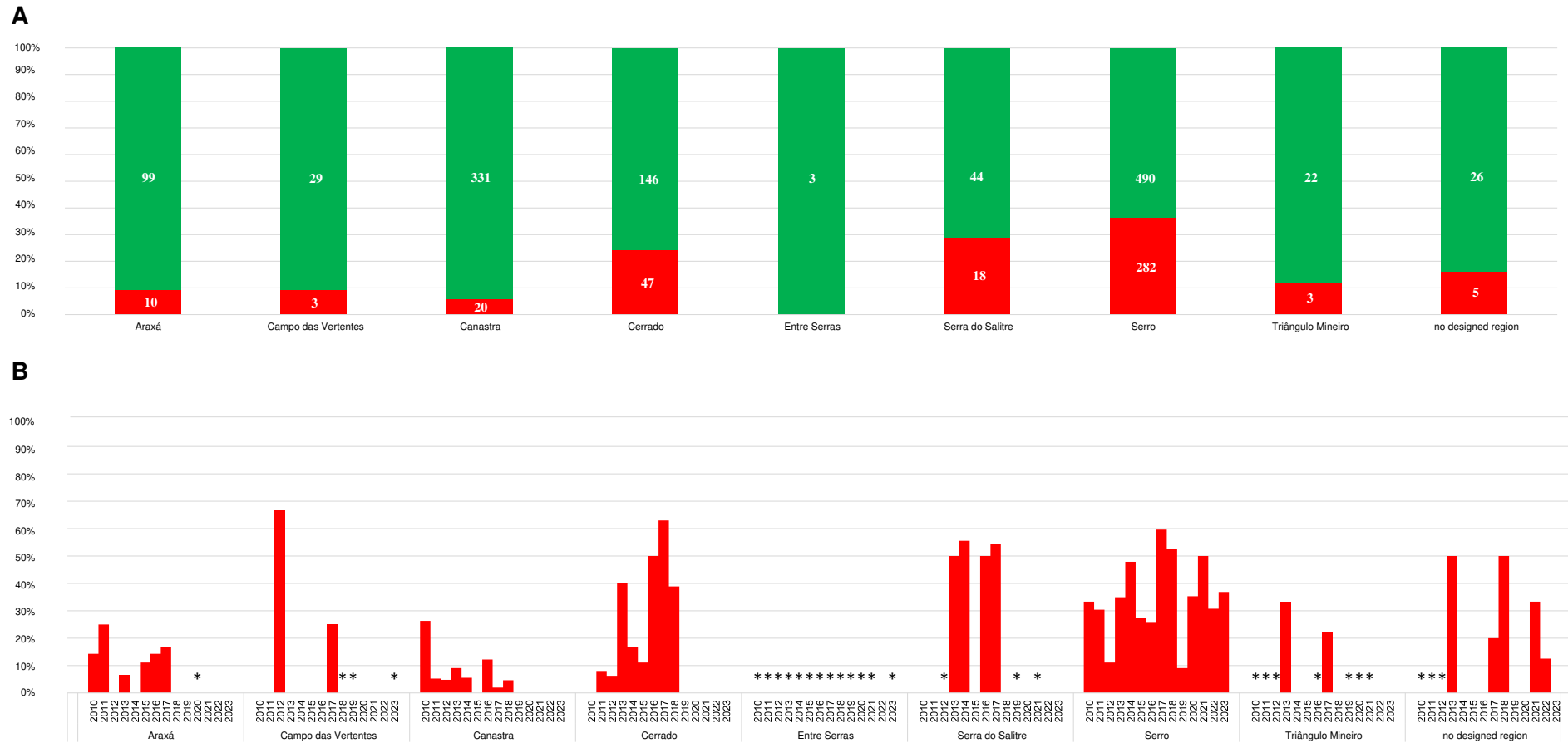


Figure 2. A) Relative frequencies (%) and frequencies (n) of artisanal cheeses samples analyzed by the Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) between 2010 and 2023 in compliance (green) and non-compliance (red) with the established moisture per producer region. B) Relative frequencies (%) of artisanal cheese samples in non-compliance with the established moisture per producing region, from 2010 to 2023 (years with asterisks indicate absence of the moisture records).

analyzed from 2019 to 2023. MAC samples from Canastra presented the better evolution to meet accordance with moisture criterium over the years (**Figure 2B**, **Table 1**), despite the decrease in the sampling effort since 2019. Furthermore, in the regions that obtained official recognition more recently, producer farms registration and sampling are just in the beginning, this explains the low number of samples analyzed.

The counts of total coliforms, *E. coli* and coagulase positive staphylococci varied significantly between MAC samples in compliance and non-compliance with ripening time (**Figure 3**) and moisture (**Figure 4**). Dargère et al., (2023) demonstrated that MAC collected from May to November 2019 in different certified regions achieved the moisture parameter when MRT was followed. In the other hand, non-compliance of moisture parameter was already identified in MAC from Cerrado and Serro region in samples with 7 days of ripening (Nasser et al., 2015; Pinto et al, 2010).

The moisture content is an important parameter to be addressed in MAC. Many factors can influence the moisture content, such as chemical composition of milk, coagulation temperature, amount of rennet / natural ferment, the cutting of the curd grains, stirring, syneresis, pressing of the cheese mass, salting, ripening time, temperature and ambient humidity, and packaging. These and other factors are difficult to standardized across the producer regions, contributing to differences among the dairies (Fox et al., 2017; Pinto et al., 2010).

The vacuum packaged MAC samples obtained from Araxá (n = 7), Canastra (n = 11) and Serro (n = 278) were checked for their compliance to MRT (**Figure 5A**) and moisture (**Figure 5B**). The Serro region was the only one with a more representative number of vacuum packaged samples, allowing a detailed analysis across six municipalities. In nearly all municipalities, at least 50% of vacuum packaged MAC samples did not comply with MRT (**Figure 6A**) and non-compliance to moisture remained high in vacuum packaged MAC from nearly all municipalities

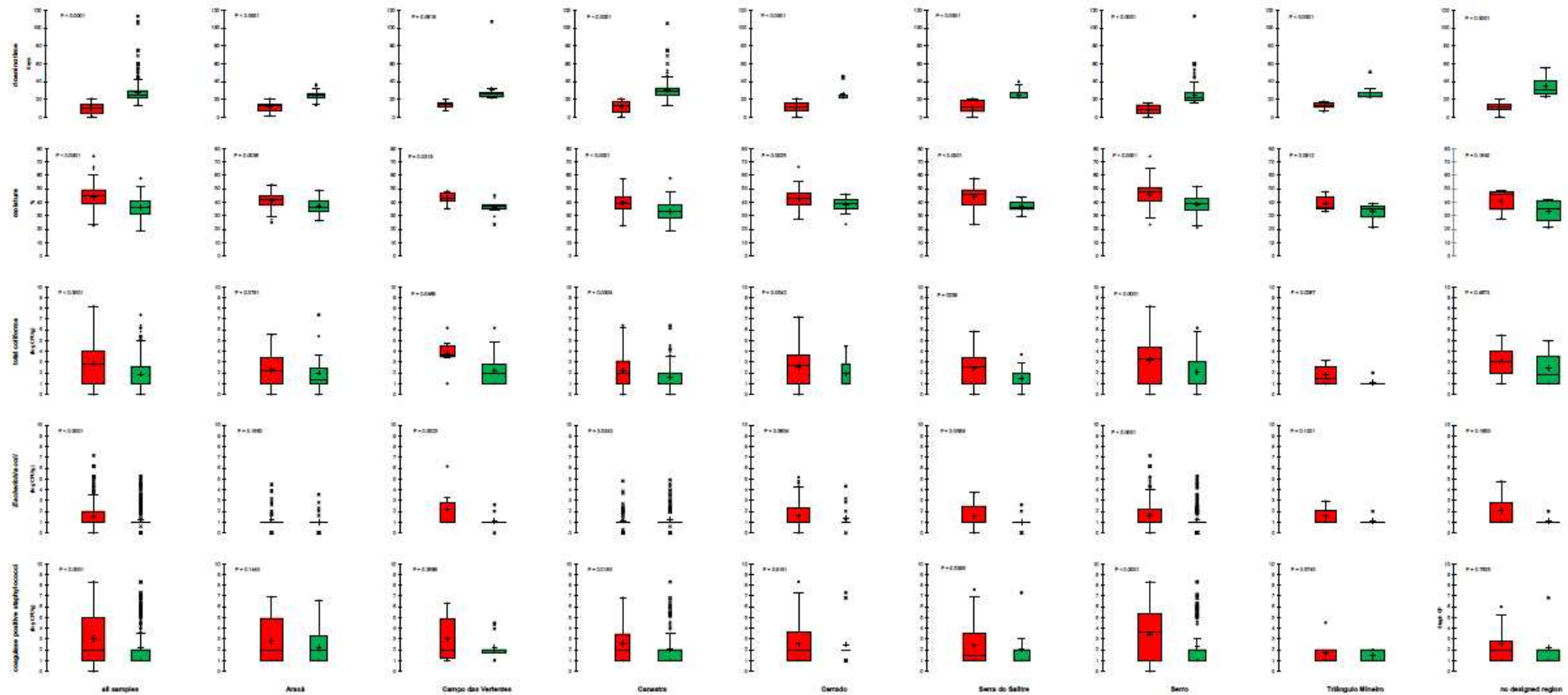


Figure 3. Box plots of the records of ripening time (days), moisture (%) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts from artisanal cheeses samples produced in different regions in Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red) and compliance (right, green) on ripening time established per producer region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per producing region (P < 0.005).

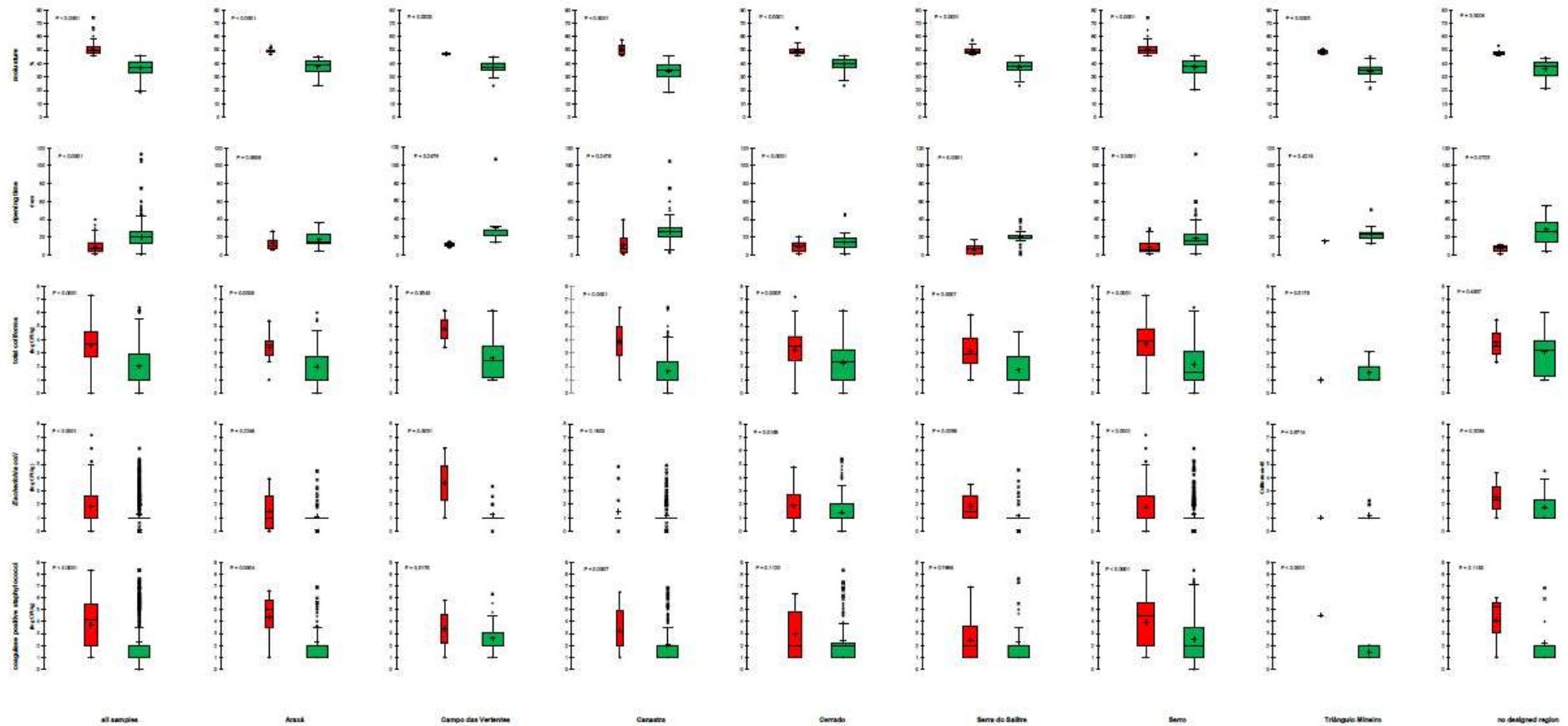


Figure 4. Box plots of the records of moisture (%), ripening time (days) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts from artisanal cheeses samples produced in different regions in Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red) and compliance (right, green) with the moisture established per producer region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per producing region (P < 0.005).

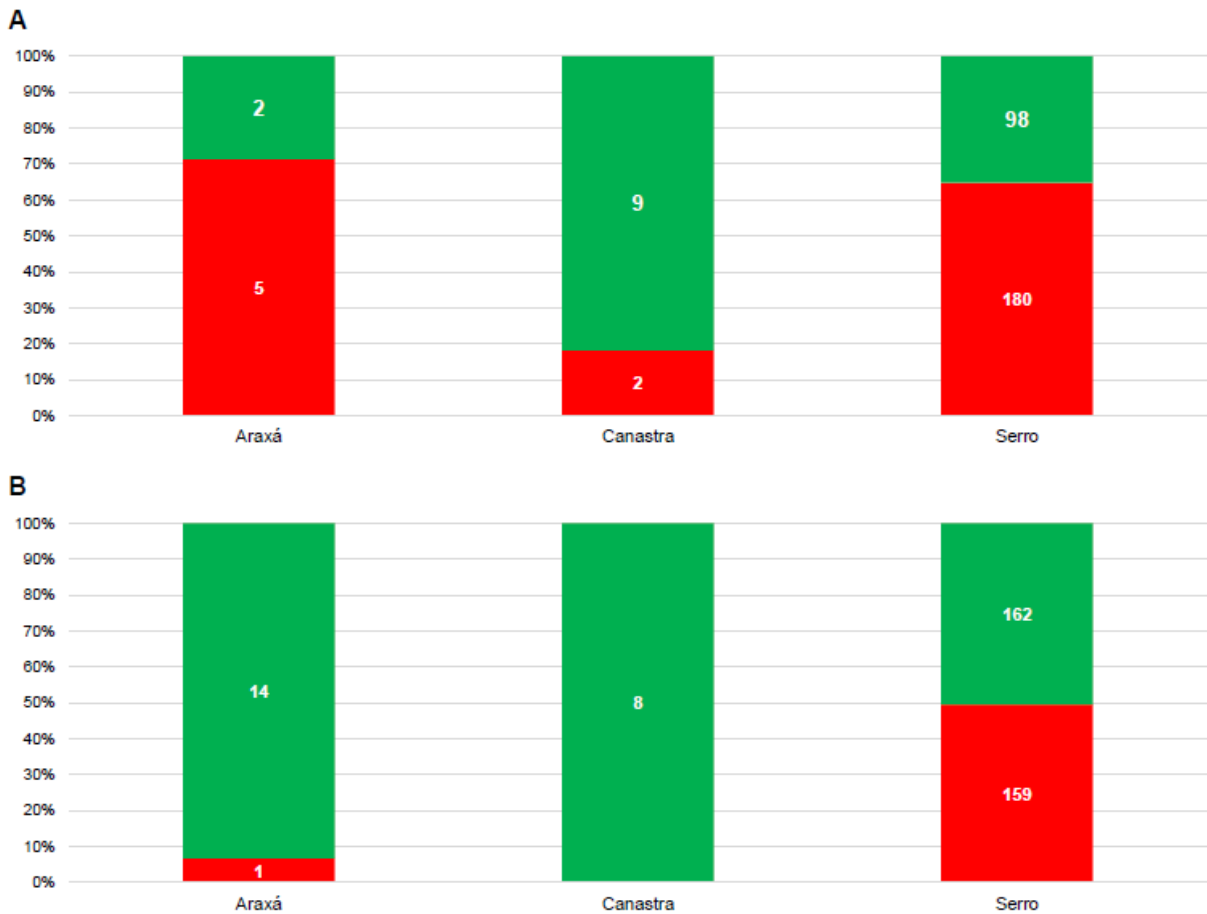


Figure 5. Relative frequencies of vacuum-packed artisanal cheese samples obtained from three producer regions (Araxá, Canastra and Serro), subjected to official analysis by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), and in compliance (green) and non-compliance (red) with the established ripening time (A) and moisture (B) per producing region.

(Figure 6B). The counts of total coliforms, *E. coli* and coagulase positive staphylococci varied significantly between vacuum packaged MAC samples in compliance and non-compliance to ripening time (Supplementary Figure 1) and moisture (Supplementary Figure 2).

The optimal cheese packaging has a barrier to moisture, regulating the rate of cheese water loss and also has impermeability to oxygen and UV radiation to minimize bacterial and fungal activity, and simultaneously contributes to maintaining the desirable textural and sensory attributes of the cheese (Jafarzadeh et al., 2021). As the packaging systems influence the metabolism and physiology of contaminant microorganisms, they may represent a possibility of preserving cheeses for a longer time, while decrease in moisture loss also represents an

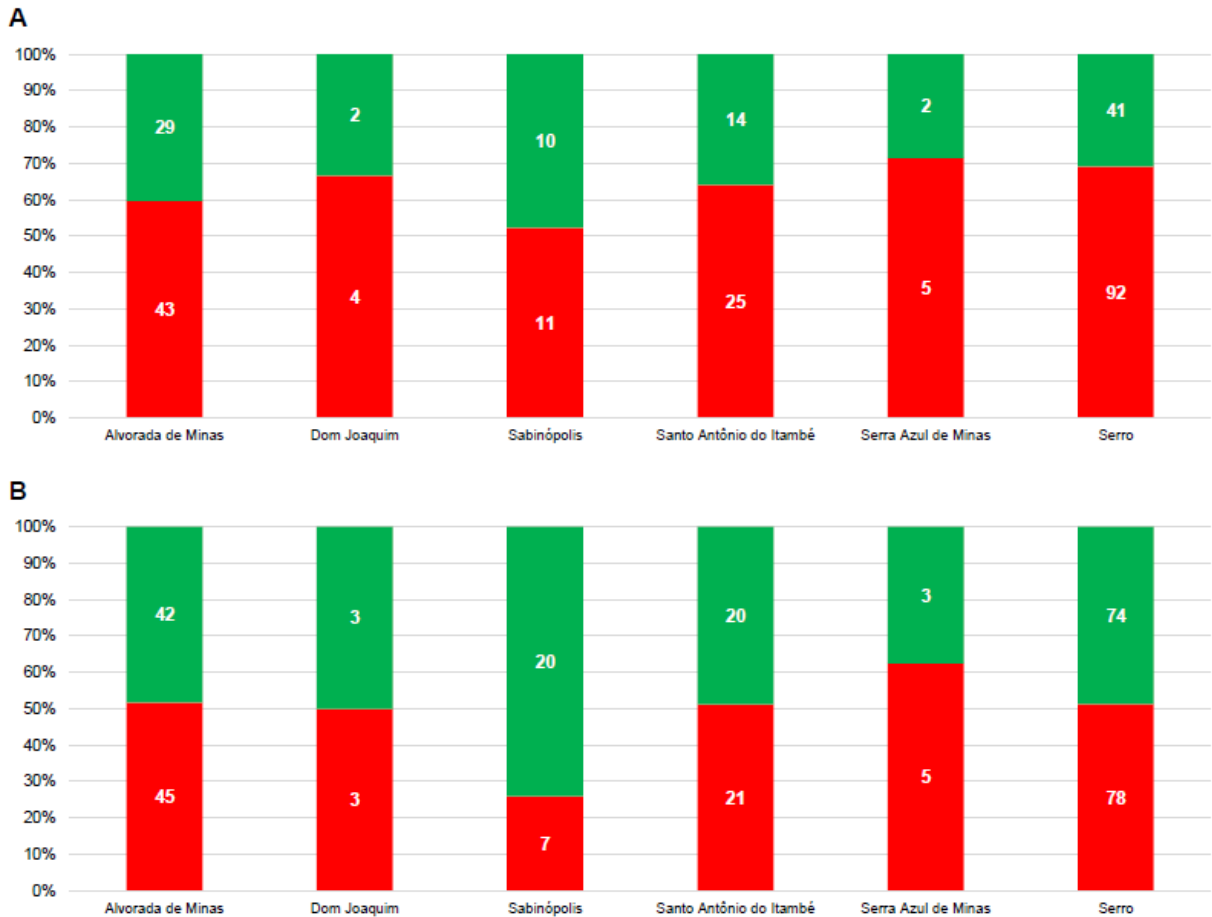


Figure 6. Relative frequencies of vacuum-packed artisanal cheese samples produced in six municipalities located in the Serro region, subjected to official analysis by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), and in compliance (green) and non-compliance (red) with the established ripening time (A) and moisture (B).

economic benefit to producers (Frau et al., 2021; Pantaleao et al., 2007). It is important to note that packaging considerations should be tailored to the specific type of cheese (Jafarzadeh et al., 2021). In the case of MAC, the product must go through the ripening process before vacuum packaging, as demonstrated by Nogueira et al. (2021), who evaluated different types of packaging and its influence on sensory attributes of Canastra MAC. This approach may be beneficial since vacuum-packaged cheeses tend to exhibit lower lactic acid bacteria counts when compared to non-vacuum-packaged cheeses (Andiç et al., 2010).

Firmo et al. (2023) indicated that MAC samples from Canastra and Triângulo Mineiro presented the lowest percentages of non-compliance with the microbiological criteria

established by MG, and the opposite was observed for MAC samples from Serro, Cerrado and Serra do Salitre. This correlates with our results, indicating that MAC samples presenting high relative frequencies of non-compliance for ripening time and moisture criteria trend to not meet the microbiological criteria (Figures 3 and 4).

Regarding the presence of foodborne pathogens in MAC, the study conducted by Firmo et al. (2023) reported a low occurrence of *Salmonella* and *L. monocytogenes* in the MAC samples collected and analyzed by IMA from 2010 to 2021. Our results revealed the absence of *Salmonella* in all 112 MAC samples analyzed from January 2022 to May 2023, and *L. monocytogenes* was found in only one MAC sample in the same sampling time. These results are similar to the described by Andretta et al. (2019) in MAC samples obtained from Serro region, where both pathogens were not detected. The absence of these foodborne pathogens may be related to the raw milk microbiota, mainly of lactic acid bacteria, that reduces de pH and produce antimicrobial compounds, inhibiting such pathogenic microorganisms (Campagnol et al., 2018).

According to the Decree nº 44.645 and Decree nº 44.864 (Minas Gerais, 2002; Minas Gerais, 2008), the enzyme phosphatase alkaline must be present in MAC since this product is not subject to pasteurization, while the amid must be absent, as adding this carbohydrate is not allowed. Among 1,583 samples analyzed by IMA (from January 2010 to May 2023), 13 were negative for phosphatase alkaline (four from Canastra and nine from Serro) and 5 tested positive for amid (from tree municipalities located in the Serro region). Only samples from two producers repeated negative results for phosphatase alkaline once, but in different years. The obtained results indicate that MAC samples that tested negative for phosphatase alkaline were produced with heated milk, while the presence of amid in 5 samples remains unclear.

MAC is produced using traditional techniques and knowledge that has been transmitted by the producers through generations and since the beginning of the 2000s many laws have

been developed to regulate its production and commercialization in Brazil. However, a previous study based on official data obtained by IMA demonstrated that 40% of the samples collected between 2010 to 2021 did not complied to microbiological criteria and no improvements were observed by the authors along the years (Firmo et al., 2023).

4. Conclusions

In conclusion, the official data obtained by IMA from 2010 to 2023, allowed a critical analysis of MAC samples that complied to minimum ripening time and moisture criteria over the years. The obtained data suggest a lack of adequate standards followed by the producers, which poses a significant challenge to the accurate identification of MAC. This is largely attributed to the high occurrence of samples that do not meet the prescribed criteria for MRT, moisture content, and packaging. This non-compliance have direct consequences on the identity, quality, and hygienic standards associated with the producer regions and, consequently, throughout the cheese chain. This study certainly will support the implementation of educational programs in the producer regions, mainly in those where we found the most challenging scenario.

Funding

This study was supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasília, DF, Brazil, Finance code 001), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasília, DF, Brazil) and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Belo Horizonte, MG, Brazil).

CRedit authorship contribution statement

Rafael Bombachi: methodology, investigation, formal analysis, writing – original draft. **Anderson Carlos Camargo:** conceptualization, formal analysis, validation, visualization, writing – original draft. **Maria José Novaes Firmo:** validation, visualization, writing– review. **Liliane Denize Miranda Menezes:** data provision, methodology, investigation, validation, visualization, writing– review. **Andressa Fusieger:** formal analysis, validation, visualization, writing – review. **Antonio Fernandes de Carvalho:** conceptualization; validation, visualization, writing– review. **Luís Augusto Nero:** conceptualization, formal analysis, visualization, project administration, resources, data curation, supervision, writing – review & editing.

Declaration of Competing Interest

None.

References

- Andretta, M., Almeida T. T., Ferreira, L. R., Carvalho, A. F., Yamatogi, R. S., Nero, L. A. 2019. Microbial safety status of Serro artisanal cheese produced in Brazil. *J. Dai. Sci.*, v. 102, (12), 10790-10798. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16967> .
- AOAC, 2019a. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 998, vol. 08. pp 68-69.
- AOAC, 2019b. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 2004, vol. 03. pp 230-233.
- AOAC, 2019c. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 2011, vol. 17. pp 375-376.
- AOAC, 2019d. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 2004, vol. 02. pp 315-317.
- AOAC, 2019e. Official Methods of Analysis of AOAC International. Method 2012, vol. 02. pp 376-378.

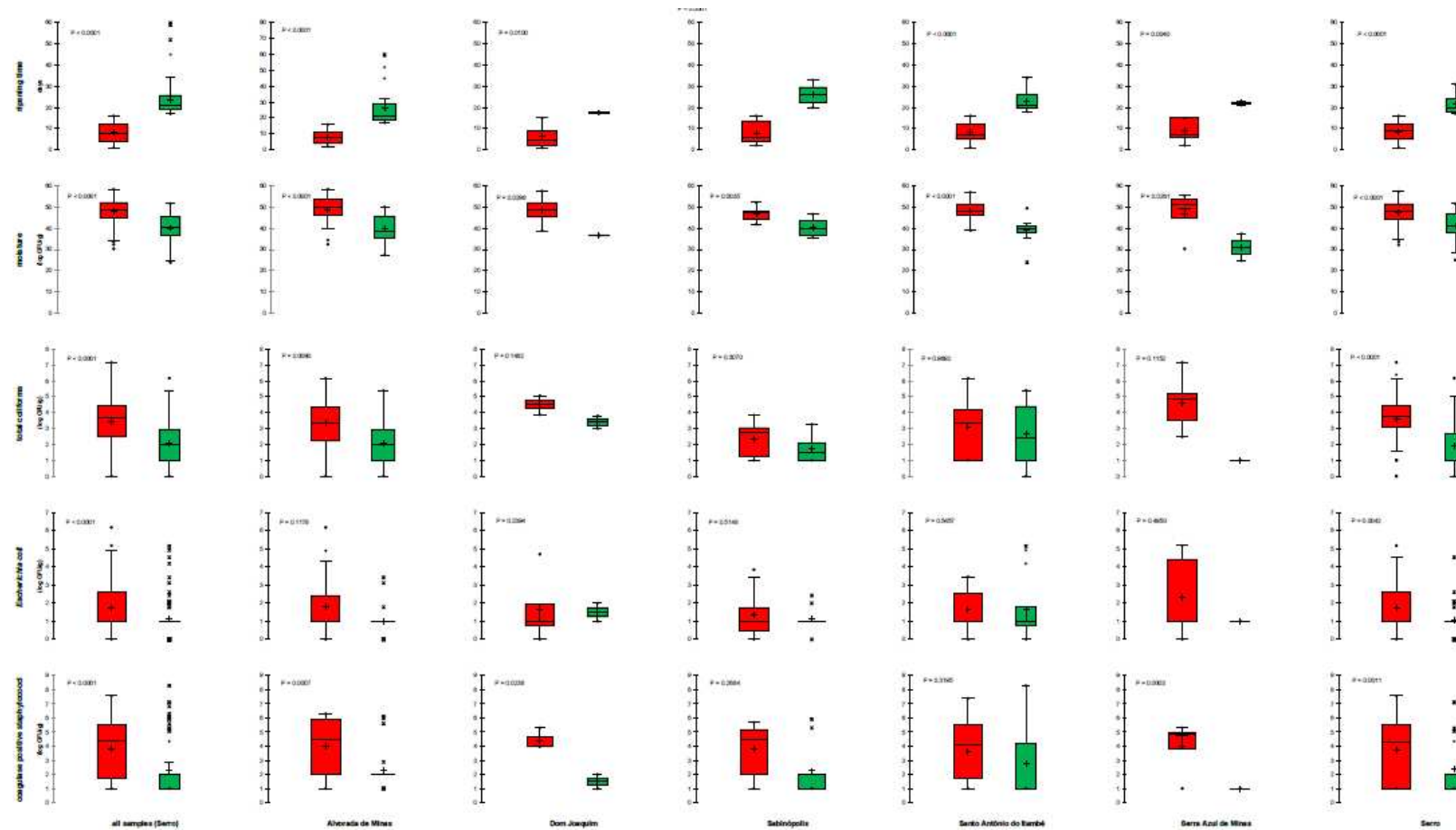
- ARAÚJO, J. P. A., CAMARGO, A. C., CARVALHO, A. F., NERO, L. A. 2020. Uma análise histórico-crítica sobre o desenvolvimento das normas brasileiras relacionadas a queijos artesanais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 72 (5), 1845-1860. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11766> .
- Brasil, 2018. Lei nº. 13.680 de 14 de junho de 2018. Altera a Lei nº. 1.283 de 18 de dezembro de 1950, para dispor sobre o processo de fiscalização de produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, Brasília 15 de jun. 2018.
- Brasil, 2019a. Lei nº. 13.860 de 18/07/2019. Dispõe sobre a elaboração e a comercialização de queijos artesanais e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília 19 de jul. 2019.
- Brasil, 2019b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 67, de 10 de dezembro de 2019. Estabelece os requisitos para que os Estados e o Distrito Federal realizem a concessão do Selo Arte, aos produtos alimentícios de origem animal produzidos de forma artesanal. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília 11 de dez. 2019.
- Brasil, 2019c. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 73, de 23 de dezembro de 2019. Estabelecer, em todo o território nacional, o Regulamento Técnico de Boas Práticas Agropecuárias destinadas aos produtores rurais fornecedores de leite para a fabricação de produtos lácteos artesanais, necessárias à concessão do selo ARTE. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília 30 de dez. 2019.
- Brasil, 2022. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº. 161 de 01 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília 16 de jul. 2022.
- Camargo, A. C., Araújo, J. P. A., Fusieger, A., Carvalho, A. F., Nero, L. A. 2021. Microbiological quality and safety of Brazilian artisanal cheeses. *Braz. J. Microbiol.*, 52 (1), 393-409. <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00416-9> .
- Campagnollo, F. B., Margalho, L. P., Kamimura, B. A., Feliciano, M. D., Freire, L., Lopes, L. S., Alvarenga, V. O., Cadavez, V. A. P., Gonzales-Barron, U., Schaffner, D. W., Sant'Anna, A. S. 2018. Selection of indigenous lactic acid bacteria presenting anti-listerial activity, and their role in reducing the maturation period and assuring the safety of traditional Brazilian cheeses. *Food Microbiol.*, 73, 288-297.
- Costa, R. G. B., Sobral, D., Paiva, C. S., Rodrigues, R. F., Lima, M. S., Paula, J. C. J., Fonseca, N. O., Silva, M. P., Borges, M. C. O., Martins, M. S. 2022. Os queijos Minas artesanais—uma breve revisão. *Res., Soc. and Develop.*, 11 (8), e16911830012-e16911830012. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30012> .
- Dargère, A. F., Pinto, S. M., Abreu, L. R., Correia, L. F., Santos, D. B., Silva, J. G., Marçal, J. O., Garbossa, C. A. P., Faria, R. A. P. G., Faria, P. B. 2023. Artisanal Minas cheese parameters associated with regions of origin in Minas Gerais, Brazil. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 75 (3), 395-406. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-12851>

- Emater-MG, 2019. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (2019). Caracterização integrada do município da Alagoa como produtor de Queijo Artesanal. Belo Horizonte, MG, Brazil.
- Firmo, M. J. N., Menezes, L. D. M., Sales, G. A., Carvalho, A. F., Costa, N. M. E. P. L., Leite Júnior, B. R. C., Martins, M. L. 2023. Diagnosis of the microbiological quality of fiscal artisanal Minas cheese samples. *Food Contr.*, 153, 109887.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109887>
- Frau, F., Carate, J. N. L., Salinas, F., Pece, N. 2020. Effect of vacuum packaging on artisanal goat cheeses during refrigerated storage. *Food Sci. and Tech.*, 41 (2), 295-303.
<https://doi.org/10.1590/fst.36719>
- IMA, 2014a. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº. 1.403, de 02 de maio 2014. Identifica a região do Vale do Jequitinhonha como produtora de queijo cabacinha. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 10 de mai. 2014.
- IMA, 2014b. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº. 1.427, de 29 de agosto de 2014. Identifica a região do vale do Suaçuí como produtora de parmesão no modo artesanal. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 03 set. de 2014.
- IMA, 2017. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria °.o 1736, de 27 de julho de 2017. Altera a Portaria nº. 1305, de 30 de abril de 2013, que dispõe sobre o período de maturação do Queijo Minas Artesanal. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 28 jul. de 2017.
- IMA, 2020a. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº. 1.969, de 26 de março de 2020. Dispõe sobre a produção de QMA em queijarias e entrepostos localizados dentro de microrregiões definidas e para as demais regiões do Estado, caracterizadas ou não como produtora de Queijo Minas Artesanal - QMA. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 27 mar. de 2020.
- IMA, 2020b. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº. 1.986, de 16 de junho de 2020. Identifica o município de Alagoa como produtor do Queijo Artesanal de Alagoa. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 17 jun. de 2020.
- IMA, 2021. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº. 2.051, de 07 de abril de 2021. Define o período de Maturação do Queijo Minas Artesanal produzido nas microrregiões de Araxá, Campo das Vertentes, Canastra, Cerrado, Serra do Salitre, Serro e Triângulo Mineiro. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 08 abr. de 2021.
- ISO, 2017. International Organization for Standardization - ISO 6579. Microbiology of food and animal feeding stuffs – horizontal methods for the detection of *Salmonella* spp. www.iso.org.
- ISO, 2019. International Organization for Standardization - ISO 6888-1. Microbiology of food and animal feeding stuffs – horizontal methods for the enumeration of coagulase

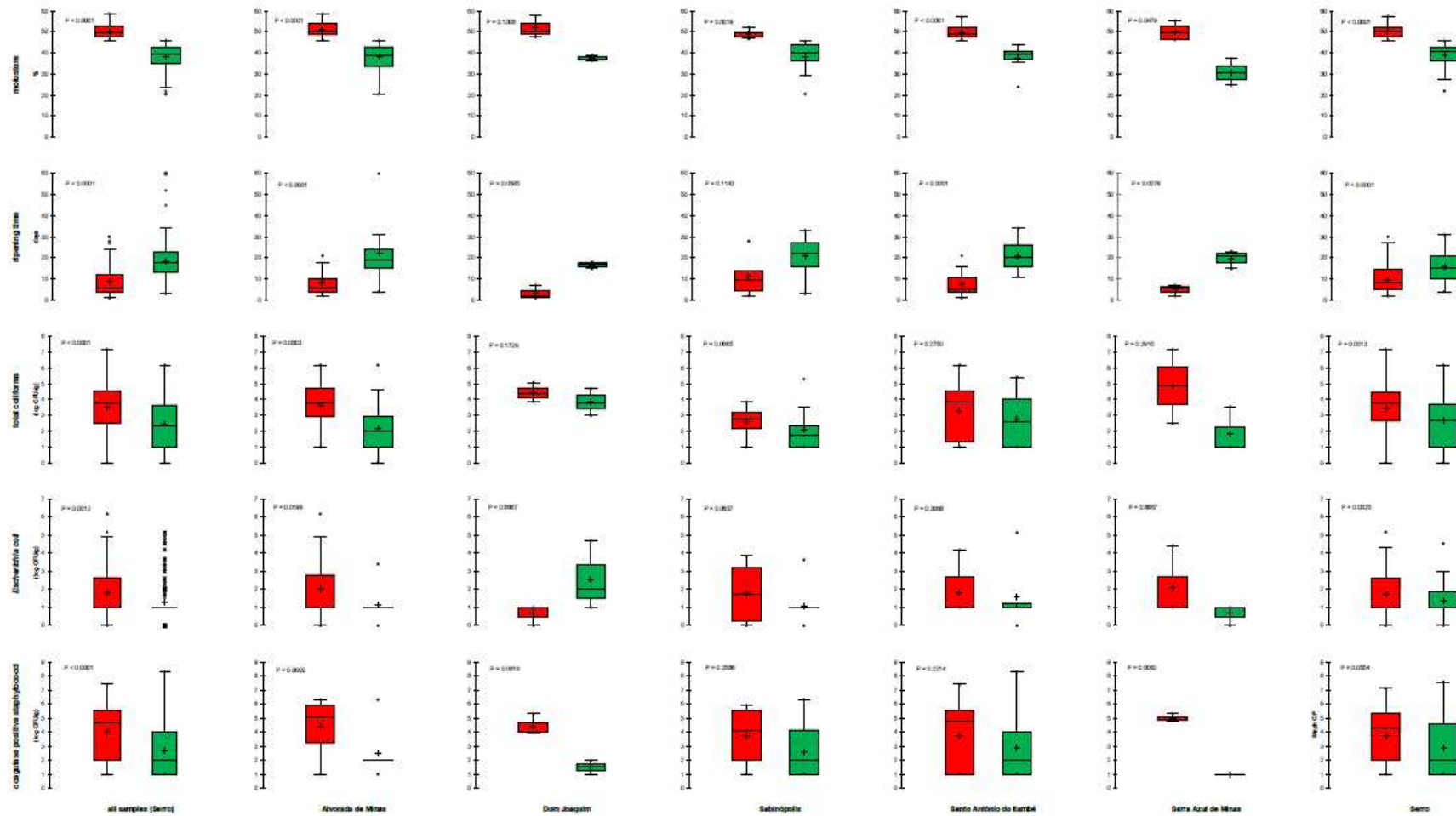
positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species). Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium. www.iso.org.

- ISO, 2020. International Organization for Standardization - ISO 11290-1. Microbiology of food and animal feeding stuffs – horizontal methods for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes*. www.iso.org.
- Kamimura, B. A., Magnani, M., Luciano, W. A., Campagnollo, F. B., Pimentel, T. C., Alvarenga, V. O., Pelegrino, B. O., Cruz, A. G., Sant’Anna, A. S. 2019. Brazilian artisanal cheeses: an overview of their characteristics, main types and regulatory aspects. *Comp. Rev. in Food Sci. and Food Saf.*, 18 (5), 1636-1657. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12486>
- MAPA, 2022. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Métodos Oficiais para Análise de Produtos de Origem Animal. 1ª ed., Brasília, 2022.
- MINAS GERAIS, 2002. Decreto nº 42.645, de 05 de junho de 2002. Aprova o Regulamento da Lei nº 14.185, de 31 janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção de Queijo Minas Artesanal. *Diário Oficial do Estado de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 06 jun. de 2002.
- MINAS GERAIS, 2008. Decreto nº 44.864 de 01 de agosto de 2008. Altera o Regulamento da Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002, que dispõe sobre o processo de produção do Queijo Minas Artesanal. *Diário Oficial do Estado de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 02 ago. de 2008.
- Nasser, V. G., Visôto, L. E., Campos, F. M., Fernandes, R. V. B., Botrel, D. A. 2015. A microbiological and physical-chemical based evaluation of artisanal Minas cheese production in Rio Paranaíba city, Minas Gerais, Brazil. *Ver. Acad.: Ciên. Anim.*, 14, 47-56. <https://doi.org/10.7213/academica.14.2016.05>
- Nogueira, T. S., Lacorte, G. A., Paciulli, S. D. O., Rodrigues, J. F. 2021. Different types of packaging influence sensory profile of Canastra artisanal cheese. *Food Pack. and Shelf Life*, 28, 100673. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100673>
- Pantaleão, I., Pintado, M. M. E., Poças, M. F. F. 2007. Evaluation of two packaging systems for regional cheese. *Food Chem.*, 102 (2), 481-487. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.058>
- Penna, A. L. B., Gigante, M. L., Todorov, S. D. 2021. Artisanal Brazilian Cheeses—History, Marketing, Technological and Microbiological Aspects. *Foods*, 10 (7), 1562. <https://doi.org/10.3390/foods10071562>
- Pinto, M. S., Sobral, D., Teodoro, V. A. M., Santos, A. L., Pereira, D. A. 2010. Efeito do processamento sobre as características físico-químicas de queijos artesanais produzidos na região do Serro, MG. *Hig. Aliment*, 24, 151-156.

Attachments



Supplementary Figure 1. Box plots of the records of ripening time (days), moisture (%) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts from vacuum packed artisanal cheeses samples produced in different municipalities from Serro region, Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red) and compliance (right, green) on ripening time established for Serro region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per municipality ($P < 0.005$).



Supplementary Figure 2. Box plots of the records of moisture (%), ripening time (days) and total coliforms, *Escherichia coli* and coagulase positive staphylococci (log CFU/g) counts from vacuum packed artisanal cheeses samples produced in different municipalities from Serro region, Minas Gerais state, Brazil, collected by Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) and grouped based on non-compliance (left, red) and compliance (right, green) on moisture established for Serro region. Mean values compared by ANOVA, for all samples and per municipality (P < 0.005)