

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

WELLERSON DA SILVA REIS

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO pH DA MATÉRIA-PRIMA *IN NATURA* NO
PONTO ISOELÉTRICO DO PRODUTO FINAL**

LONDRINA

2025

WELLERSON DA SILVA REIS

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO pH DA MATÉRIA-PRIMA *IN NATURA* NO
PONTO ISOELÉTRICO DO PRODUTO FINAL**

**In Natura Raw Material pH Influence Evaluation On The Final Product
Isoelectric Point**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Admilson Lopes Vieira.

LONDRINA

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

WELLERSON DA SILVA REIS

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO pH DA MATÉRIA-PRIMA *IN NATURA* NO
PONTO ISOELÉTRICO DO PRODUTO FINAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 09 de julho de 2025

Admilson Lopes Vieira
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Estadual de Maringá

Lucimara Lopes da Silva
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Estadual de Campinas

Vanderlei Klein
Bacharelado em Engenharia Química
Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional

LONDRINA

2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais que durante essa jornada, e principalmente nos momentos mais difíceis onde me questioneei se era apto a chegar onde estou, me apoiaram, incentivaram e me proporcionaram a oportunidade de estar em uma instituição federal, de poder me dedicar aos estudos e chegar ao final da minha graduação, tudo isso não seria possível sem a educação e o árduo trabalho deles.

Gostaria de prestar meus agradecimentos ao Prof. Dr. Admilson Lopes Vieira, meu orientador neste trabalho, e também foi meu primeiro professor dentro do curso de engenharia química, por toda a ajuda que me proporcionou durante todos esses anos, como professor, como coordenador de curso e nesta reta final como orientador de estágio e TCC, muito do trabalho desenvolvido só foi possível graças ao seu empenho, assim como todo o conhecimento compartilhado por todo o corpo docente da UTFPR Campus Londrina.

Agradeço a toda equipe Gelprime, que me acolheu, me proporcionou um ambiente de aprendizado e crescimento, sendo o alicerce do meu desenvolvimento profissional e possibilitou a realização deste trabalho, em especial Hygor Jofre, Nathalia Apolinário e aos gerentes Carlos Hiroaki, Vanderlei Klein e Marcus Assis por todos os ensinamentos e oportunidades dadas nos quase dois anos de time Gelprime e toda ajuda e disponibilidade nestes últimos meses em que não faço mais parte da empresa.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos de longa data, Bruno Ramos e Nicholas Prado por toda ajuda e companheirismo durante todos esses anos, amizades que perseveraram mesmo com o tempo e a distância.

Agradeço aos meus amigos, frutos da UTFPR, Giovanna Ghirardelli pela parceria dentro do curso de engenharia química desde 2016 e ao grupo mais improvável formado na disciplina de laboratório pós-pandemia, composto por Bernardo Scapini, Gabriel Spironelli e Vitor Hugo Bueno, a equipe que prevaleceu até a disciplina de projetos, obrigado WheyTchê!

E este trabalho não teria sido escrito sem o apoio da minha parceira Júlia Inez Simões, que foi o pilar nos meus momentos de dúvida, minha corretora, minha inspiradora, agradeço a esse presente que 2025 me deu e toda a inspiração e força que você me deu nessa reta final.

RESUMO

A gelatina é obtida pela hidrólise parcial do colágeno presente em tecidos e ossos, de origem bovina, piscícola e suína. Sendo um produto versátil utilizado desde o Antigo Egito, a gelatina tem suas aplicações e utilizações diversificadas ao longo do tempo, com destaque na indústria alimentícia e farmacêutica. Dentre as características físico-químicas da gelatina, além das tradicionais, força de gelificação (bloom) e viscosidade, o ponto isoelétrico é de fundamental importância em diversas aplicações, em especial no desenvolvimento de cápsulas duras pela indústria farmacêutica. A redução do ponto isoelétrico do colágeno se dá pela conversão de asparagina e glutamina em ácido aspártico e ácido glutâmico, respectivamente, por meio da substituição do grupamento amida aumentando o número de grupos carboxila ionizáveis na molécula, processo iniciado ainda na etapa de depilação do couro em curtumes utilizando soluções alcalinas. O presente estudo consiste na avaliação do comportamento do ponto isoelétrico da gelatina em diferentes lotes, matérias-primas e etapas de processamento, observando os efeitos de tempo e concentração aplicados no tratamento alcalino, além de verificar se há variação ao decorrer do processamento após a purificação. Por meio do processamento padrão de produção de gelatina Tipo B, observa-se a obtenção de valores similares de ponto isoelétrico em duas produções distintas, demonstrando a significância da otimização da etapa de tratamento de acordo com o material trabalhado e suas condições, entretanto também é observado que características físico-químicas como bloom e viscosidade são incrementadas com a maior intensidade do tratamento, reiterando a importância da definição do processo de acordo com o perfil desejado. Dessa forma, o pH da matéria-prima *in natura* influencia diretamente no ponto isoelétrico do produto final refletindo o residual alcalino da depilação do couro e diretamente associado ao início e extensão da conversão dos aminoácidos avaliados, além de ser um importante indicador de integridade e condições da matéria-prima, em especial sobre os efeitos de residual de solução alcalina proveniente da depilação.

Palavras-chave: Gelatina; Ponto Isoelétrico; pH; Couro Bovino.

ABSTRACT

Gelatin is obtained by the partial hydrolysis of collagen present in tissues and bones of bovine, fish, and swine origin. A versatile product used since Ancient Egypt, gelatin has had diverse applications and uses over time, with emphasis on the food and pharmaceutical industries. Among the physical and chemical characteristics of gelatin, in addition to the traditional gel strength (bloom) and viscosity, the isoelectric point is of fundamental importance in various applications, especially in the development of hard capsules by the pharmaceutical industry. The reduction of the isoelectric point of collagen occurs through the conversion of asparagine and glutamine into aspartic acid and glutamic acid, respectively, by replacing the amide increasing the number of groups carboxyl in the molecule, a process that begins during the hair removal stage of leather tanning using alkaline solutions. The present study consists of evaluating the behavior of the isoelectric point of gelatin in different batches, raw materials, and processing stages, observing the effects of time and concentration applied in the alkaline treatment, in addition to verifying whether there is variation during processing after purification. Through the standard processing of Type B gelatin production, similar isoelectric point values are obtained in two different productions, demonstrating the significance of optimizing the treatment stage according to the material worked and its conditions. However, it is also observed that physicochemical characteristics such as bloom and viscosity are increased with greater treatment intensity, reiterating the importance of defining the process according to the desired profile. Thus, the pH of the raw material directly influences the isoelectric point of the final product, reflecting the alkaline residue from the depilation of the hide and directly associated with the onset and extent of the conversion of the amino acids evaluated, in addition to being an important indicator of the integrity and conditions of the raw material, especially regarding the effects of residual alkaline solution from depilation.

Keywords: Gelatin; Isoelectric Point; pH; Bovine Hide.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Reação de conversão de asparagina e glutamina em ácido aspártico e ácido glutâmico pela ação da solução alcalina.....	13
Figura 2 - Fluxograma simplificado do processo de produção de gelatina.....	18
Figura 3 - Ilustração dos extratores contínuo e batelada utilizados na produção de gelatina.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis de condicionamento do pré-tratamento alcalino.....	25
Tabela 2 – Resultados físico-químicos dos lotes referentes às matérias-primas A e B.....	26
Tabela 3 – Resultados da determinação do ponto isoelétrico da gelatina em pontos específicos da linha de produção.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 METODOLOGIA	14
2.1 Processo de produção de gelatina	16
2.1.1 Recebimento e picagem de matéria-prima	18
2.1.2 Tratamento Alcalino	19
2.1.3 Tratamento Ácido	19
2.1.3.1 Lavagem Inicial	19
2.1.3.2 Clareamento	20
2.1.3.3 Acidulação	20
2.1.3.4 Lavagem Final	20
2.1.4 Extração	21
2.1.5 Purificação, Concentração e Secagem	23
2.2 Determinação do ponto isoelétrico	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1 Avaliação comparativa de lotes produzidos em relação aos respectivos tratamentos	25
3.2 Avaliação do ponto isoelétrico em linha de produção	27
4 CONCLUSÃO	29
5 REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Gelatina é um coloide do tipo gel que, por definição, é a proteína resultante da hidrólise parcial do colágeno de origem animal presente em tendões, ossos, pele, ligamentos, etc. (JECFA, 1970/2004).

A utilização de substâncias gelatinosas iniciou-se há mais de oito mil anos, inicialmente como cola natural extraída do colágeno de tecidos animais. Registros do Antigo Egito evidenciam os primeiros usos alimentícios na preparação de caldos a partir de ossos, evoluindo a um produto associado à alta gastronomia nas cortes europeias. Somente no século XVII, com o desenvolvimento do “*digestor*” (digestor) pelo matemático francês Denis Papin, que seu potencial nutricional começou a ser valorizado, culminando na produção em escala industrial durante as Guerras Napoleônicas, com a fundação da empresa Coignet & Cie., em 1818, na cidade Lyon, França (Schrieber e Gareis, 2007).

Com o avanço no desenvolvimento tecnológico e o crescimento de empresas produtoras de gelatina de variadas matérias-primas, como suína, bovina, óssea e piscícola, o mercado global de gelatina foi estimado em 6,08 bilhões de dólares em 2022, com perspectiva de crescimento de 9,05% ao ano entre 2023 e 2030. Também em 2022, a gelatina de origem bovina representava o maior segmento da produção, detendo 34% do mercado, devido ao baixo custo de matéria-prima e produção em comparação aos outros segmentos, como a gelatina de origem suína e óssea (Grand View Research, s.d.).

Dentro do mercado consumidor de gelatina, destaca-se a produção de produtos farmacêuticos, como cápsulas moles, duras, revestimentos de comprimidos, além de ser um importante componente de expansores de plasma utilizados em emergências médicas, tornando o mercado farmacêutico detentor de 30% do consumo de gelatina em levantamento realizado pela associação *Gelatin Manufacturers of Europe* em 2023.

O setor alimentício compõe a maior fatia do mercado de aplicações de gelatina, compondo 51% do mercado, devido à versatilidade de seus usos dentro do ramo, como espessante, estabilizante, geração de espuma entre outras propriedades que a tornam indispensável na cozinha moderna. Trata-se de um produto natural, com tempo de prateleira considerável, possui alta estabilidade,

solubilidade e fácil digestão, além de ser uma fonte de proteínas também pode agir como substituto de gorduras como agente emulsificante, sendo uma matéria-prima chave no desenvolvimento de produtos para dietas com redução de calorias e lipídios (Gelatin Manufacturers of Europe, s.d.).

Sendo o segundo segmento de maior representatividade no mercado de aplicações, o setor farmacêutico utiliza a gelatina como excipiente na produção de cápsulas, supositórios, comprimidos e outras diversas utilizações. A versatilidade e compatibilidade fisiológica da gelatina tornam essa matéria-prima fundamental para este ramo, estando presente em diversas farmacopeias (Schrieber e Gareis, 2007). Além da baixa rejeição ao ser ingerida, o derretimento em temperatura corporal e a reversibilidade térmica proporcionam à gelatina características primordiais no desenvolvimento de cápsulas, comprimidos e outros produtos farmacêuticos (PB Leiner, s.d.).

Compondo a grande maioria das utilidades farmacêuticas que utilizam gelatina em sua composição, a produção de cápsulas tem como objetivo proteger os compostos de contaminações e crescimento microbiológico, além dos efeitos do oxigênio e exposição à luz, podendo ser divididos em dois grandes grupos, cápsulas duras e cápsulas moles (Schrieber e Gareis, 2007).

Embora o termo “cápsulas moles” indique um fator de textura, cápsulas moles são caracterizadas pela utilização de substâncias plastificantes como glicerol e sorbitol no invólucro em conjunto com a gelatina, além de proporcionarem o controle preciso de dosagem e combinação de substâncias ativas usualmente incompatíveis em outros meios de ingestão. A utilização de plastificantes se deve ao encolhimento da cápsula pela perda de água durante a secagem, que pode levar a quebra da estrutura devido à tensão mecânica (Schrieber e Gareis, 2007).

Em relação às cápsulas duras, são constituídas por dois cilindros de diâmetros levemente diferentes combinados para retenção, usualmente, de materiais sólidos em pó, com espessura controlada de acordo com a viscosidade da mistura contendo em média 32% de gelatina (Schrieber e Gareis, 2007). Além da viscosidade, a força de gelificação (bloom) é de suma importância para firmeza da cápsula produzida, enquanto a viscosidade desejada deve ser alta, porém em excesso pode gerar uma espessura muito grossa da cápsula, os valores de bloom mais altos garantem uma estrutura firme do produto.

A absorção e retenção de líquido que promove o aumento de volume de hidrogéis por meio da formação tridimensional e filmes de gelatina é chamada de intumescimento é uma importante característica no processamento e fabricação de cápsulas duras, influenciando diretamente na solubilidade da molécula de proteína. Ji et al., 2022 avaliaram os efeitos do ponto isoelétrico no inchamento e dissolução em filmes de gelatina produzidas utilizando pré-tratamento alcalino (Tipo B), que podem afetar a liberação controlada de medicamentos contidos nas cápsulas. O estudo demonstra a redução da capacidade de intumescimento dos filmes de gelatina produzidos com a aproximação do pH do meio ao pH do ponto isoelétrico, onde as cargas elétricas são neutralizadas e não há interação íon-dipolo com a água, que é polar, o que permitiria melhor solubilização de polímeros carregados ionicamente. Esse entendimento permite ao produtor uma melhor escolha da gelatina a ser utilizada e os parâmetros de pH a serem utilizados em seus processos, em relação a interação ácido-base e solubilidade durante o processamento.

Embora cada aplicação ou cliente tenha suas especificidades, além dos itens necessários segundo a regulamentação de cada país, que podem abranger tanto propriedades físico-químicas, como umidade e quantidade de cinzas, quanto microbiológicas, existem duas principais características físico-químicas que direcionam o tipo de tratamento e as variáveis de processo a serem aplicados durante a produção, a força de gelificação (Bloom) e viscosidade, além das principais características que influenciam no aspecto visual, como turbidez, cor e transparência, indicados pela transmitância em 450 nm e 620 nm, respectivamente (Schrieber e Gareis, 2007), que podem prejudicar o aspecto visual de produtos como cápsulas em gel, gomas e sobremesas.

Além das principais características supracitadas, o ponto isoelétrico, tema central deste estudo, é uma importante propriedade química das proteínas, indicando o pH no qual a carga líquida da proteína é zero, ou seja, as cargas positivas e negativas dos grupos ionizáveis dos aminoácidos se equalizam. No caso da gelatina, o ponto isoelétrico pode ser considerado idêntico ao ponto isoônico, pH onde a carga líquida de uma solução deionizada é zero, devido ao seu método de determinação e diferença não significativa entre ambos os valores. Fatores como aumento na turbidez, que é um indício de baixa solubilidade, e perda de firmeza ocorrem quando o processamento do produto gelatina é feito em baixas

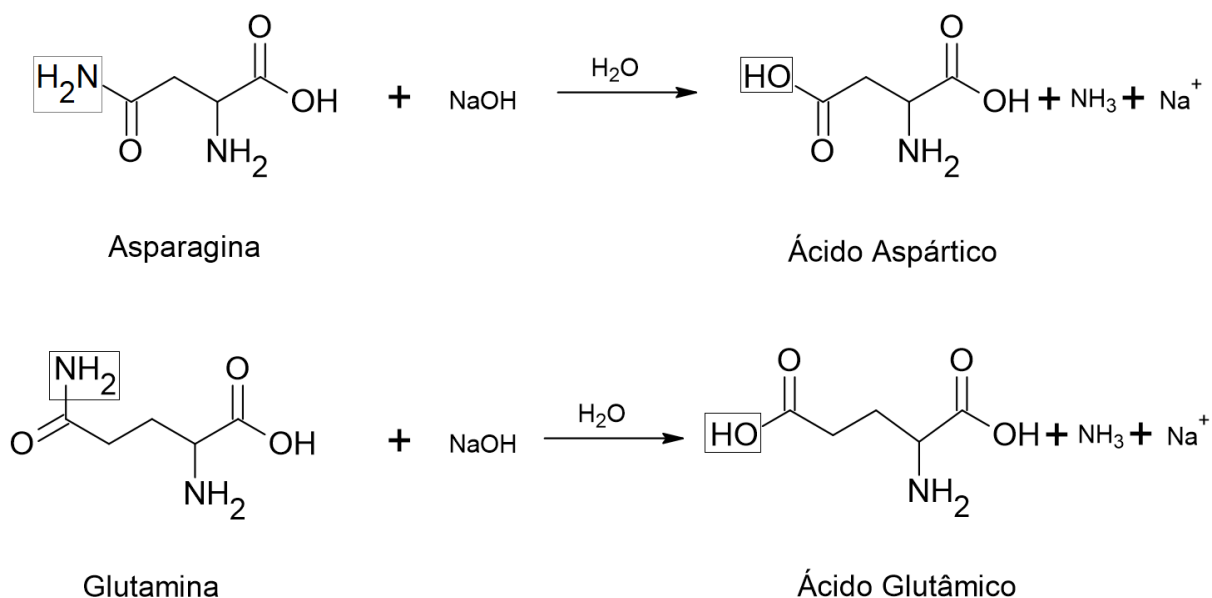
concentrações e em pH equivalente ao ponto isoelétrico (Schrieber e Gareis, 2007), reiterando a importância da definição dos parâmetros de processamento e tipo de tratamento a ser aplicado para atingir o perfil de gelatina desejado, atendendo o buscado pelo cliente.

Entendendo as demandas e características necessárias para o produto define-se o tipo de processamento, no caso deste estudo focado na influência no ponto isoelétrico. A produção de gelatina pode ser dividida em dois grandes grupos, as gelatinas de Tipo A, ou tipo ácida, caracterizada pelo processamento diretamente em meio ácido, tendo a pele suína como principal insumo para esse tipo de produção, e gelatinas de Tipo B, que consiste em um condicionamento alcalino antes do processo Tipo A, este procedimento é utilizado tipicamente para produções que utilizam pele bovina e ossos como matéria-prima (Schrieber e Gareis, 2007).

De modo geral, gelatinas produzidas em processamento Tipo A, utilizando pele suína, possuem ponto isoelétrico entre 8,0 e 9,0, enquanto um produto resultante de processamento Tipo B possui ponto isoelétrico entre 4,8 e 5,5, utilizando ossos ou couro bovino (Schrieber e Gareis, 2007). Sendo um material versátil para ambos os processamentos, a pele bovina possui potencial para atender uma maior diversidade de mercados, tendo seu ponto isoelétrico usualmente entre 5,0 e 6,0, com valores mais próximos de 6,0 sendo obtidos pela realização do processo Tipo A e mais próximos de 5,0 com a utilização do processamento Tipo B.

Como principal influência no valor do ponto isoelétrico destacam-se os efeitos de soluções alcalinas as quais a matéria-prima é submetida, a exemplo da depilação da pele bovina utilizando hidróxido de sódio ou da utilização de pré-tratamentos alcalinos no processamento. Schrieber e Gareis (2007) pontuam a conversão de asparagina e glutamina, ligadas a molécula de colágeno, em ácido aspártico e ácido glutâmico, respectivamente, pela substituição do grupo amida devido a ação da solução alcalina empregada no pré-tratamento alcalino do processamento Tipo B, como apresentado na Figura 1, sendo este o principal fator da diminuição do ponto isoelétrico da gelatina produzida, pois a conversão em condições normais atinge aproximadamente 35% de conversão do aminoácido, enquanto após no processamento Tipo B é promovida a conversão completa.

Figura 1 - Reação de conversão de asparagina e glutamina em ácido aspártico e ácido glutâmico pela ação da solução alcalina



Fonte: Autoria própria (2025)

Além dos efeitos de processamento em planta, minimizados pela utilização do processamento Tipo A, a diminuição do ponto isoelétrico devido a efeitos alcalinos sofre influência direta do transporte do couro no trajeto entre curtume e unidade de processamento. A depilação do couro bovino ocorre em cilindros de rotação utilizando solução aquosa alcalina em combinação com sulfeto de sódio, tendo como objetivo o inchamento do couro e abertura da estrutura fibrosa para remoção dos pelos (LACOURO, s.d). O residual alcalino do processo de depilação, que fica acumulado nas bolsas de transporte, acabam por iniciar, em menor escala, o pré-tratamento alcalino do material; desta forma, a conversão de asparagina e glutamina ocorre por todo o trajeto até a unidade de processamento.

A fim de entender os efeitos no ponto isoelétrico (PI) durante o processamento do couro bovino pelo método Tipo B, o presente trabalho avaliará a ocorrência de variação no ponto isoelétrico em pontos específicos do processamento de gelatina em uma empresa produtora na região de Ibiporã, no norte do Paraná, determinando a magnitude da influência do pH da matéria-prima e do pré-tratamento alcalino no ponto isoelétrico da gelatina produzida objetivando um pi mais baixo, próximo de 5,20, usualmente direcionado a aplicações farmacêuticas que utilizam, em grande maioria, gelatina de origem óssea, que possui ponto isoelétrico entre 4,70 e 5,20.

2 METODOLOGIA

Avaliar o sucesso do procedimento não se resume a entender os efeitos apenas no ponto isoelétrico, trata-se de entender como o material irá se comportar durante o processamento na unidade produtiva. Além de entender os efeitos que afetam a matéria-prima como susceptibilidade aos tratamentos e extração, é importante entender as variáveis a serem analisadas no produto final, pois, além da variável principal que é o ponto isoelétrico, o produto obtido deve apresentar características desejáveis comercialmente, como alta força de gelificação (bloom) obtida em processos contínuos, alta viscosidade e baixa turbidez.

Antes de entender as variáveis do produto o tipo de matéria-prima trabalhada afeta de maneira direta o comportamento físico-químico da gelatina, materiais provenientes de etapas preliminares e finais do processo de curtimento possuem susceptibilidades diferentes a tratamentos e efeitos de exposição, além disso o tempo de acúmulo do material na unidade produtora de matéria-prima, influencia diretamente nos efeitos temporais entre produção e direcionamento a unidade consumidora.

Desenvolvido por Oscar T. Bloom, a análise de determinação da força de gel afere o peso, em gramas, necessário para romper o gel a uma determinada profundidade. Além da rigidez da gelatina produzida, valores de bloom mais altos proporcionam um tempo de gelificação mais curto e ponto de fusão e gelificação mais elevados, garantindo um produto com uma característica firme, além da possibilidade de utilizar menores quantidades a depender da firmeza de gelatina desejada nas aplicações (Schrieber e Gareis, 2007).

A viscosidade é uma propriedade reológica que quantifica a resistência de um fluido ao escoamento, diretamente relacionada a massa molar das moléculas e variando de acordo com a concentração e temperatura do produto. Sendo a segunda propriedade mais importante da gelatina comercial, após o bloom, a viscosidade elevada é requerida para estabilidade em processos fármacos e alimentícios, em especial na modelagem de produtos como cápsulas e gomas, enquanto determinados processos de confeitaria, como modelagem que exigem fluidez do produto podem ser prejudicadas pela dificuldade na manipulação do produto (Schrieber e Gareis, 2007).

Durante o processamento é importante entender quais variáveis afetam as propriedades desejadas, como os efeitos alcalinos reduzindo o pH do ponto isoelétrico. No caso de bloom e viscosidade, a temperatura é a variável chave na redução dessas propriedades ao longo do processamento, aumentando a taxa de hidrólise ao longo das etapas de processo, outros pontos como pH interno do couro, determinado pela metodologia denominada *Boiling Test*, e tempo de acidulação provocam o tratamento excessivo do material, que pode iniciar a extração já na etapa de ácida, causando perda de rendimento e redução de viscosidade devido a hidrólise ácida. Para o processo contínuo, o baixo pH interno do couro ao final da etapa ácida promove maior facilidade de extração e produz gelatinas com valores mais elevados de bloom, portanto entender o equilíbrio entre pH e temperatura nas etapas de acidulação e extração determina a qualidade do produto a ser ‘construída’, e o controle de temperatura e tempo de residência nas etapas subsequentes evita a degradação dessas características.

A determinação do pH interno do couro trata-se de uma metodologia de derretimento do material onde o pH da solução representa uma média entre o pH das camadas mais externas e internas da matéria-prima submetida ao tratamento ácido. O *Boiling Test* consiste na retirada de uma amostra após a acidulação, adição de água e fervura até o derretimento completo do material, após isso afere-se o pH que representa o valor estimado do pH interno do couro.

Turbidez é uma medida da quantidade de partículas em suspensão em um meio líquido que espalham ou absorvem luz, causando opacidade ou “embaçamento”, sendo uma grandeza física quantificável, geralmente expressa em NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez), obtida pela refração, absorção e espalhamento de um feixe de luz aplicado no material (Water Science School, 2018), como residuais que não foram removidos durante as etapas de purificação, além disso a utilização de concentrações mais altas de gelatina também aumentam o número de moléculas de proteína e, por consequência, a turbidez. De maneira comercial, tende-se a desejar uma gelatina de baixa turbidez, afetando minimamente as propriedades do produto de aplicação, principalmente os translúcidos como cápsulas e doces.

O ponto isoelétrico trata-se do pH no qual o somatório das cargas positivas e negativas de grupos ionizáveis dentro de uma proteína é zero, reduzindo as interações tipo íon-dipolo da proteína com a água polar, afetando diretamente a

solubilidade da proteína no meio, promovendo o agrupamento e precipitação das proteínas que mantêm sua estrutura terciária devido a união eletrostática neste pH (Gonzales e Silva, 2022), acarretando no aumento na turbidez e perda de firmeza do gel como citado anteriormente.

Além das variáveis físico-químicas supracitadas, é importante entender o equilíbrio entre qualidade e produção, embora um tratamento alcalino mais intenso durante a produção de gelatina Tipo B proporcione aumento de viscosidade e redução do valor do ponto isoelétrico, prolongar este processo antecipa a extração do colágeno da pele bovina, o qual não será direcionado para as etapas subsequentes, causando perda de rendimento, além disso, um pré-tratamento muito agressivo causa perda do material da superfície da pele, sendo necessário um tratamento ácido e parâmetros de extração mais agressivos para extrair o colágeno das camadas mais internas do couro, degradando o material, principalmente em termos de bloom e viscosidade.

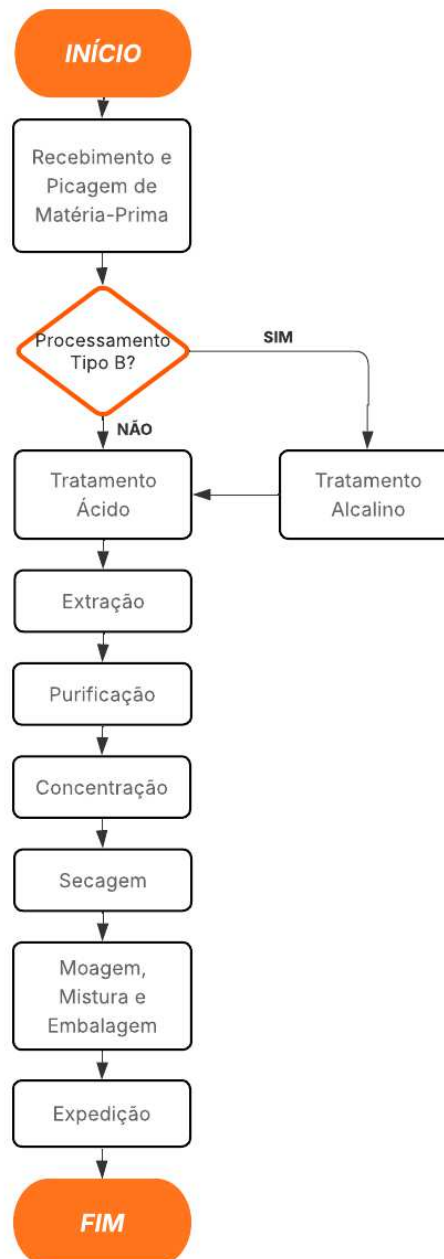
Desta forma, o presente trabalho se divide em duas etapas, sendo a primeira composta da escolha e avaliação comparativa entre parâmetros de tratamento alcalino e matéria-prima utilizada, avaliando tanto o ponto isoelétrico quando as variáveis físico-químicas, bloom e viscosidade, demonstrando de maneira prática a importância da definição destes parâmetros de acordo com o perfil de gelatina desejado em 8 lotes produzidos, e uma segunda etapa de avaliação e comprovação da estabilidade do ponto isoelétrico em linha produtiva, avaliando 3 pontos posteriores a etapa de purificação, especificamente após a realização de dois processos, ultrafiltração e deionização, este primeiro concentrando a gelatina em valores superiores a 5%, exigido pela metodologia de determinação do ponto isoelétrico utilizado no laboratório de controle de qualidade, e a fim de reduzir a carga de deionização em laboratório optou-se pela coleta após realizada a deionização industrial, sendo o ponto inicial de coleta imediatamente anterior a concentração propriamente dita.

2.1 Processo de produção de gelatina

O processo de produção de gelatina, de modo geral e simplificado, consiste nas etapas de picagem, pré-tratamentos, alcalino, quando utilizado o processamento Tipo B, e/ou ácido, sendo classificado como processamento Tipo A, quando direcionado para a etapa ácida sem o pré-tratamento alcalino, como apresentado na

Figura 2, extração, purificação, concentração e secagem. Embora exista uma variada gama de equipamentos, variações de procedimentos de extração e outros muitos fatores característicos de cada planta industrial, neste trabalho será explorado o processo padrão de produção de gelatina Tipo B executado em uma planta de produção de gelatina de origem bovina no norte do estado do Paraná.

Figura 2 - Fluxograma simplificado do processo de produção de gelatina



Fonte: Autoria própria (2025)

2.1.1 Recebimento e picagem de matéria-prima

Após a chegada do material a planta de produção, o mesmo é cadastrado e, em procedimento padrão, alocado em armazém até o processamento, respeitando a metodologia PEPS (Primeiro que entra, primeiro que sai) ou FIFO (First In First Out). Sendo um material de grande de volume e proporção, o couro bovino antes de ser destinado aos tratamentos determinados passa por uma diminuição de sua

granulometria por meio de lâminas picadoras e com controle de tamanho realizado por intermédio de trefila. Este procedimento é de suma importância para que os tratamentos químicos e térmicos sejam eficientes, e não haja subtratamento no material, podendo acarretar perda de qualidade e diminuição de rendimento.

2.1.2 Tratamento Alcalino

Como processo padrão, e característico, do processamento da produção de gelatina Tipo B, o tratamento alcalino consiste em submeter o material, já com redução de granulometria, a uma solução alcalina de concentração adaptável, em torno de 1% de hidróxido de sódio (NaOH) a 20 °C. Este processo visa a quebra de ligações intermoleculares e *cross-links* que dificultam a extração do colágeno, sendo adequado, principalmente, para couro de animais mais velhos que possuem mais ligações do tipo *cross-link*. Viscosidade e Bloom são propriedades influenciadas diretamente pelo tratamento alcalino, sendo um resultado da combinação entre concentração de hidróxido de sódio, temperatura e tempo de tratamento, além disso, é o fator decisivo da conversão completa de asparagina e glutamina em ácido aspártico e ácido glutâmico respectivamente, responsáveis pela redução do pH do ponto isoelétrico (Schrieber e Gareis, 2007).

2.1.3 Tratamento Ácido

Para tratamento ácido, ponto inicial da produção Tipo A, realiza-se sequência de subprocessos para melhoria de qualidade e adequação de processos subsequentes, os processos descritos representam os aplicados na unidade produtiva de realização deste estudo.

2.1.3.1 Lavagem Inicial

A fim de remover sujidades e contaminantes físicos presentes da superfície da matéria-prima, a lavagem inicial consiste na utilização de água limpa sob agitação, que além de remover sujidades promove a remoção da carga química superficial, seja residual químico da depilação para processamento Tipo A, ou do próprio tratamento alcalino no caso de processo Tipo B.

2.1.3.2 Clareamento

Utilizando uma solução de peróxido de hidrogênio 50%, a matéria-prima é submetida ao processo que visa o clareamento e limpeza do material. O tempo de contato e quantidade utilizada variam de acordo com as definições da equipe técnica, de acordo com o tipo e características da matéria-prima a ser processada.

2.1.3.3 Acidulação

O procedimento de acidulação consiste na utilização de ácido sulfúrico 98% em volumes necessários para manter o pH de solução em valores determinados para o processo. A acidulação visa a quebra das ligações químicas, melhorando a solubilidade do colágeno para o processo de extração, com intensidade, determinada pelo volume de ácido e pH, e tempo determinados para cada tipo de material trabalhado. Couros mais finos como o caso da raspa fina, que é um material delicado, utiliza-se de um tratamento mais brando, usualmente com menor tempo de ação, já materiais mais robustos como o caso do couro tipo aparas que provém da primeira etapa de refinamento no curtume e possui muito material não colagênico e gordura, necessita de um tempo de acidulação maior e segue usualmente o processamento Tipo B por conta dessas dificuldades, além de ser um material que suporta e responde melhor aos efeitos da solução alcalina em relação a valores de bloom e viscosidade.

2.1.3.4 Lavagem Final

Ao fim da acidulação avalia-se o pH interno do couro por meio do procedimento denominado *Boiling Test*, que consiste na coleta de uma amostra no tanque de tratamento, adição de água e submeter o material à fervura até o derretimento completo do couro bovino, após isso afere-se o pH que representa um pH médio resultante do tratamento, sendo este o indicativo da efetividade da acidulação e indicador para correção de pH adequado para extração.

O ajuste do pH para extração é realizado por meio da adição de água limpa e agitação contínua, que por vezes necessita da adição de agente alcalinizante como hidróxido de sódio para elevação do pH, esse ajuste é variável, porém para o processo de extração contínua utiliza-se o pH ácido, em torno de 3,00 a 4,00 em procedimento padrão.

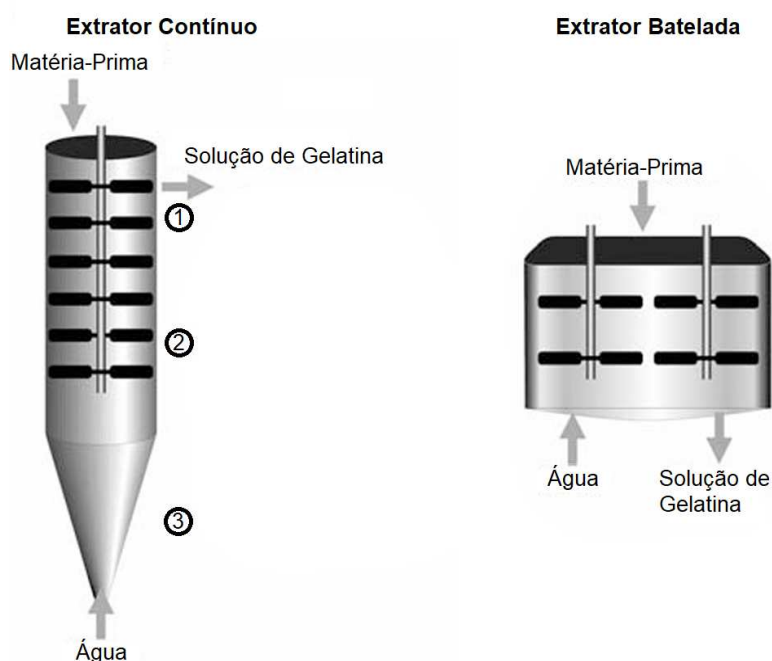
2.1.4 Extração

O processo de extração de gelatina a partir do couro bovino pode ser conduzido do modo tradicional por meio da extração tipo batelada, ou por meio de um extrator contínuo, sendo ambos os meios amplamente utilizados, porém, o perfil da gelatina obtida é consideravelmente diferente, especialmente em relação ao poder de gelificação (Bloom) que possui valores mais elevados em extrações contínuas.

O processo em batelada consiste em etapas de adição de água em temperaturas entre 50 °C e 70 °C, realizando uma extração da superfície para o centro do couro. O processo é iniciado com menor temperatura, minimizando a degradação térmica do material e gerando um perfil de maior bloom e viscosidade, que decresce a cada batelada realizada, devido ao aumento de temperatura necessária para a extração das camadas mais internas do material em conjunto com a diminuição do pH extração. Além disso, o aumento da temperatura altera a cor da gelatina produzida, devido às reações de Maillard que ocorrem neste processo. Vale ressaltar que durante o processo em batelada são realizadas agitações suaves a fim de evitar a emulsão com a gordura presente na matéria-prima, impossibilitando a purificação em etapas subsequentes (Schrieber e Gareis, 2007).

O processo de extração contínua ocorre em um modelo de equipamento que consiste na alimentação de matéria-prima no topo e uma vazão contínua de água em contracorrente, promovendo a extração por toda a extensão do extrator. A Figura 3 apresenta os extratores tipo batelada e contínuo com suas respectivas correntes principais.

Figura 3 - Ilustração dos extratores contínuo e batelada utilizados na produção de gelatina



Fonte: Schrieber e Gareis (2007) adaptado

A extração contínua promove a extração de qualidades diferentes de gelatina paralelamente. Enquanto o ponto 1, representado na Figura 3, apresenta um material que recém foi adicionado ao equipamento e está submetido ao final da troca térmica do solvente, sendo uma gelatina com valores de bloom e viscosidade mais elevados, o ponto 3 apresenta um material com um maior tempo de residência, submetido diretamente a entrada de água quente e, por consequência, sofrendo uma degradação térmica de maior intensidade. A solução de gelatina produzida no processo contínuo trata-se de uma mistura entre os 3 pontos apresentados, produzindo um resultado mais homogêneo da produção em termos de viscosidade, bloom e efeitos de cor relacionados à reação de Maillard. Além disso, devido à degradação do material que se deposita no fundo do extrator, faz-se necessário purgar o fundo periodicamente, evitando a adição de um produto em estágio de degradação térmica elevada a solução extraída, reduzindo os parâmetros técnicos de bloom e viscosidade, porém esse material pode ser reprocessado em condições extremas e aproveitado em processos específicos (Schrieber e Gareis, 2007).

2.1.5 Purificação, Concentração e Secagem

Após a extração da gelatina diversos materiais e impurezas acompanham a solução, por este motivo faz-se necessária uma sequência de etapas de purificação da gelatina ao longo da planta produtiva. Cada produtor pode definir as mais variadas metodologias, mas de modo geral centrifugação para remoção de gordura, filtração para remoção de fibras e colunas de adsorção para remoção de sais são as mais aplicadas.

Como equipamento de concentração, a ultrafiltração promove a remoção de água da gelatina, que por sua vez, também promove a remoção de sais junto ao permeado, sendo um equipamento misto para concentração e purificação, que quando posicionado antes das torres de adsorção diminui consideravelmente a carga do equipamento.

Após a purificação realizada faz-se necessário concentrar a gelatina até atingir as propriedades necessárias para obtenção do produto seco. Como principal operação de concentração, a evaporação promove a transformação da gelatina líquida com concentração em torno de 10% a 13% após a ultrafiltração em uma solução em torno de 30% com aspecto viscoso semelhante ao mel. Esse procedimento é realizado de maneira a não afetar as características de viscosidade e bloom por meio de uma hidrólise térmica, por meio de uma “rampa de temperatura” ajustada para cada planta produtiva.

As condições de concentração por evaporação proporcionam a solução características adequadas para seu resfriamento em extrusora encamisada, que transforma a gelatina líquida em “macarrões” que alimentam a esteira de secagem que promove a remoção da umidade até a geração de uma placa de produto seco de umidade abaixo de 15%, passando por um moinho e direcionando para a etapa de mistura e embalagem da gelatina seca granulada.

2.2 Determinação do ponto isoelétrico

Para o presente estudo, estruturou-se a determinação do ponto isoelétrico e sua avaliação em duas vertentes, na comparação de ordens de produção com tratamentos alcalinos distintos, de acordo com seus resultados em lotes produzidos, e na avaliação da variação do ponto isoelétrico em pontos distintos da unidade produtiva durante uma mesma produção.

A determinação do ponto isoelétrico segue o procedimento executado no setor de controle de qualidade da unidade produtiva, este sendo devidamente certificado e passando por rigorosas validações periódicas realizadas por órgãos competentes como a Associação dos Fabricantes de Gelatina da América do Sul (SAGMA), que consiste na diluição da gelatina coletada até 5% de concentração, utilizando refratômetro digital para aferição, seguida de deionização sob aquecimento por 30 minutos utilizando resinas de troca iônica mistas de utilização única até a solução atingir condutividade abaixo de $50 \mu\text{Sm.cm}^{-1}$, fator decisivo para a etapa subsequente de aferição do pH, a qual resulta no valor referente ao ponto isoelétrico da gelatina de acordo com a metodologia proposta por Gelatin Manufacturers of America, 2023.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como detalhado na seção anterior, a avaliação deste estudo consiste em entender como a alcalinidade a qual é submetida a matéria-prima, tanto pelos efeitos residuais da depilação que perseveram durante o trajeto entre curtume e unidade produtiva, quanto pelo próprio pré-tratamento alcalino utilizado durante a produção de gelatinas do Tipo B. Para tal, serão avaliados 2 tipos de tratamentos alcalinos, utilizando dois tipos matérias-primas diferentes de origem bovina, material A e material R, de etapas diferentes do processo de curtimento do couro, sendo o material A proveniente de etapas preliminares e o material R de etapas finais. Além disso, avaliou-se a variação do ponto isoelétrico da gelatina em linha de produção em 3 pontos distintos após a etapa de purificação, em específico após a etapa de ultrafiltração e deionização, esta primeira com o intuito de atingir a concentração necessária para o procedimento de determinação do ponto isoelétrico da gelatina utilizado pelo setor de controle de qualidade, que exige concentração de 5%, e o segundo com o objetivo de reduzir a quantidade de íons em planta, reduzindo a carga necessária para o procedimento em laboratório.

3.1 Avaliação comparativa de lotes produzidos em relação aos respectivos tratamentos

A análise realizada consistiu na escolha de oito lotes, produzidos a partir de 2 tipos de matéria-prima, condicionados de acordo com 2 tratamentos distintos. A Tabela 1 apresenta as 2 principais variáveis dos condicionamentos, concentração da solução alcalina e dias de tratamento, que influenciam diretamente na diminuição do ponto isoelétrico e no aumento das propriedades bloom e viscosidade.

Tabela 1 – Variáveis de condicionamento do pré-tratamento alcalino

Matéria-Prima	Concentração de hidróxido de sódio (%)	Dias de tratamento
A	0,80	10
R	1,10	10

Fonte: Autoria própria (2025)

Observa-se que a matéria-prima R recebeu um tratamento bem mais intenso em relação ao material A, entretanto o material R trata-se um material mais nobre,

com maior susceptibilidade a tratamentos. A Tabela 2 apresenta os resultados de ponto isoelétrico, bloom, viscosidade e turbidez dos 8 lotes escolhidos e permite uma melhor visualização dos efeitos dos respectivos tratamentos.

Tabela 2 – Resultados físico-químicos dos lotes referentes às matérias-primas A e B

Lote	Matéria-Prima	Ponto isoelétrico	Bloom (g)	Viscosidade (mPa.s)	Turbidez (NTU)
A	A	5,07	250,20	3,86	66,80
B	A	5,06	238,70	3,40	78,80
C	A	5,07	226,75	3,24	51,40
D	A	5,08	227,25	3,17	44,80
E	R	5,09	243,80	3,71	55,80
F	R	5,08	251,40	4,03	41,80
G	R	5,06	254,45	4,25	45,20
H	R	5,09	252,90	4,25	54,70

Fonte: Autoria própria (2025)

Observa-se que em relação ao ponto isoelétrico ambos os materiais apresentaram valores semelhantes, demonstrando que a extensão da conversão de asparagina e glutamina no couro bovino pode atingir valores próximo a 5,00, entretanto valores inferiores a isso podem ser de difícil obtenção e comprometer a qualidade e perfil do produto final, indicando a conversão de 100% de asparagina e glutamina devido ao tratamento alcalino aplicado no processamento Tipo B, como atestado por Schrieber e Gareis, 2007.

Os valores das propriedades físico-químicas ilustram de maneira direta a influência do tratamento nos valores de bloom e viscosidade, com nítida diferença de valores entre o material A e o material R, além do aumento no valor das propriedades com a intensificação do tratamento. Embora os primeiros lotes apresentados para cada material apresentem diferença dos valores subsequentes, é importante entender que a unidade produtiva avaliada trabalha segundo o regime contínuo, desta forma, ao longo da produção há possibilidade de mescla de tratamentos nos extremos do processo, de acordo com tempos de residência em tanques ao longo do fluxo do processo.

Portanto, a partir dos dados apresentados na Tabela 1 e Tabela 2, é possível visualizar de maneira direta que a extensão de redução do ponto isoelétrico foi limitada, independente da intensificação do tratamento, portanto, de acordo com o tipo de material e do perfil de gelatina desejado deve-se equilibrar o tempo e intensidade do tratamento com o valor desejado de pI , viscosidade e bloom. Entender o equilíbrio destes fatores permite uma definição otimizada de produção, acelerando as etapas iniciais, diminuindo o tempo de armazenamento de matéria-prima, diminuindo os efeitos de degradação e/ou tratamento exacerbado em decorrência do residual alcalino nos “bags” de transporte, além disso, a degradação do couro é outro fator diretamente ligado ao pH do material durante o armazenamento, assim como na carne, pHs acima de 9,00 apresentam crescimento microbiano reduzido (Lawrie, 2005), conservando o couro até o tratamento por determinado tempo, entretanto a otimização dos processos permite melhor controle de estoque e minimização da probabilidade de degradação da matéria-prima que afeta não apenas o rendimento mas as propriedades físico-químicas do produto final.

3.2 Avaliação do ponto isoelétrico em linha de produção

A avaliação do ponto isoelétrico da gelatina em linha seguiu a premissa de coleta em pontos onde o material fosse condizente com as exigências do método de determinação do ponto isoelétrico aplicado no setor de controle de qualidade. Desta forma, o ponto localizado após a ultrafiltração seria o mais cedo em relação ao processo para coleta, entretanto, mesmo com a remoção de sais juntamente ao permeado deste processo, a carga de sais na gelatina ainda é muito alta, sendo necessário seriar a deionização ou mesmo utilizar quantidades muito maiores de resina de troca iônica para atingir o valor de condutividade abaixo de $50 \mu Sm.cm^{-1}$, e por conta disso a coleta foi realizada no ponto posterior a deionização industrial, reduzindo a condutividade do material significativamente.

A Tabela 5 apresenta os resultados de ponto isoelétrico em cada um dos pontos de coleta.

Tabela 3 – Resultados da determinação do ponto isoelétrico da gelatina em pontos específicos da linha de produção

Etapa de coleta	Pós purificação	Pós concentração	Pós secagem
Ponto Isoelétrico	5,19	5,22	5,19

Fonte: Autoria própria (2025)

Os resultados obtidos demonstram a estabilidade do ponto isoelétrico em etapas avançadas do processamento de gelatina. Essa estabilidade corrobora não apenas que essa variável é definida em etapas iniciais do processo de gelatina, mas que independe dos fatores críticos dos processamentos posteriores, como efeitos térmicos da concentração por evaporação, troca de fase durante a extrusão pré-secagem e até mesmo da remoção de água durante o processo de secagem, além disso enfatiza a importância da definição dos parâmetros de tratamento alcalino visando a extensão da conversão de asparagina e glutamina pois essa conversão se dá majoritariamente nesta etapa.

Portanto, o presente trabalho enfatiza a importância do pH da matéria-prima *in natura* em conjunto com o tratamento alcalino na extensão de conversão de asparagina e glutamina em ácido aspártico e ácido glutâmico, respectivamente, demonstrando que a obtenção do valor desejado de ponto isoelétrico é criticamente dependente do pH tanto no transporte quanto no tratamento alcalino.

4 CONCLUSÃO

A produção de gelatina em escala industrial é um processo complexo e sensível, que exige diversos controles para obtenção das propriedades desejadas. A compreensão dos processos de produção existentes e aplicações é fundamental no atendimento das aplicações no mercado. Embora parâmetros essenciais no controle de qualidade e perfil de gelatina, força de gelificação (Bloom) e viscosidade não são os únicos fatores decisivos para a definição do setor consumidor da gelatina produzida, variáveis físico-químicas como o ponto isoelétrico são de fundamental importância no processo realizado pelo cliente, interferindo diretamente em aspectos visuais, estabilidade e solubilidade. Dessa forma, entendendo que a redução do ponto isoelétrico é resultante da extensão de conversão de asparagina e glutamina em ácido aspártico e ácido glutâmico, respectivamente, pela ação de solução alcalina, torna-se crítica a avaliação do pH da matéria-prima *in natura* como indicador das condições de residual alcalino proveniente da depilação em curtume e posterior determinação do tipo de tratamento, além de intensidade e tempo do tratamento alcalino no caso do processamento Tipo B. Portanto, a partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que o pH da matéria-prima *in natura* impacta não apenas, de maneira expressiva, no ponto isoelétrico da gelatina produzida como na qualidade do produto, indicando integridade do material e efeitos de exposição à solução alcalina durante o transporte, sendo fundamental na minimização de perda de rendimento devido a tratamentos muito intensos.

5 REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, Nayara. BRF anuncia aquisição de 50% da Gelprime e entra no setor de gelatina e colágeno. **Globo Rural Negócios**. São Paulo. 17 de dezembro de 2024. Disponível em: [BRF anuncia aquisição de 50% da Gelprime e entra no setor de gelatina e colágeno](#). Acesso em 27 de mai. 2025

GELATINE MANUFACTURERS OF EUROPE (GME). **An indispensable all-rounder used in countless products**. s.d. Disponível em: [GME: Applications](#). Acesso em: 24 mai. 2025.

GELATINE MANUFACTURERS OF EUROPE (GME). **Versatile aid in medicine and the pharmaceutical industry**. s.d. Disponível em: [GME: Pharmaceutical Industry](#). Acesso em: 24 mai. 2025.

GELATINE MANUFACTURERS OF EUROPE (GME). **Tasty, full of protein and in good shape**. s.d. Disponível em: [GME: Food Industry](#). Acesso em: 24 mai. 2025.

GELATINE MANUFACTURERS OF EUROPE. *Standardised methods for the testing of edible gelatine*. Version 18 – August 2023. [S.l.]: GME, 2023. Disponível em: [GME_Gelatine_Monograph_August_2023.pdf](#). Acesso em: 24 mai. 2025.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. ePub rev., atual. e ampl. Porto Alegre: [s.n.], 2022. ISBN 978-65-00-43160-5. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/237269>. Acesso em: 23 jun. 2025.

GRAND VIEW RESEARCH. **Gelatin Market Size, Share & Growth Analysis. Report, 2030**, s.d. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gelatin-market-analysis>. Acesso em: 15 mai. 2025.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

JECFA - JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES. *Metals and arsenic specifications*. 14. ed. Roma: FAO, 1970. Publicado em NMRS 48B, 1971 e FNP 52, 1992. Especificações revisadas na 63ª reunião do JECFA, 2004. ADI "não limitado" estabelecido na 14ª reunião do JECFA, 1970.

Jl, Fangqi; ZHOU, Wei; ZHANG, Ze; ZHANG, Bing. Effects of Relative Molecular Weight Distribution and Isoelectric Point on the Swelling Behavior of Gelatin Films. **Frontiers In Chemistry**, [S.L.], v. 10, 26 maio 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fchem.2022.857976>.

LACOURO - Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente. **Processamento do couro**. s.d. Disponível em: [Processamento do Couro – LACOURO](#). Acesso: 27 mai. 2025.

PB LEINER. **Benefits of gelatin in pharmaceutical applications**, s.d. Disponível em: [Benefits of gelatin in pharmaceutical applications | PB Leiner](#)

SCHRIEBER, Reinhard; GAREIS, Herbert. **Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice**. Weinheim: Wiley-Vch, 2007. 347 p.

WATER SCIENCE SCHOOL. **Turbidity and water**, 2018. Disponível em: [Turbidity and Water | U.S. Geological Survey](#). Acesso em 23 jun. 2025.