

Influência da Temperatura na Estabilidade Físico-Química e na Atividade Antimicrobiana de um Creme Esfoliante

Reinaldo Borges da Silva Neto¹; Ana Paula Silva Capuci¹; José Roberto Delalibera Finzer¹

¹Universidade de Uberaba - Uniube, Brasil

Autor Correspondente: reinaldoborgesneto@icloud.com

DOI: <https://doi.org/10.31496/retii.v3i1.2590>

RESUMO

Este estudo avaliou a influência da temperatura na estabilidade físico-química e na atividade antimicrobiana de um creme esfoliante contendo methylparaben e propylparaben como sistema conservante. As amostras foram armazenadas a 5°C, 25°C e 40°C durante 15 dias e submetidas à determinação do pH, avaliação organoléptica e ensaios microbiológicos por difusão em ágar frente a *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. A estabilidade também foi analisada por meio de uma avaliação cinética baseada na variação do pH, utilizada como indicador indireto das alterações da formulação, com interpretação fundamentada na equação de Arrhenius. Os resultados mostraram maior estabilidade das amostras mantidas a 5°C, enquanto aquelas armazenadas a 40°C apresentaram maior redução do pH, alterações visuais e pequenos halos de inibição microbiológica, indicando diminuição da atividade antimicrobiana e maior velocidade das alterações físico-químicas. Conclui-se que temperaturas elevadas comprometem a estabilidade da formulação e podem reduzir a eficiência do sistema conservante, evidenciando a importância do controle das condições de armazenamento para garantir a qualidade, a segurança e a eficácia de produtos cosméticos.

Palavras-chave: estabilidade cosmética; parabenos; temperatura; atividade antimicrobiana; equação de arrhenius.

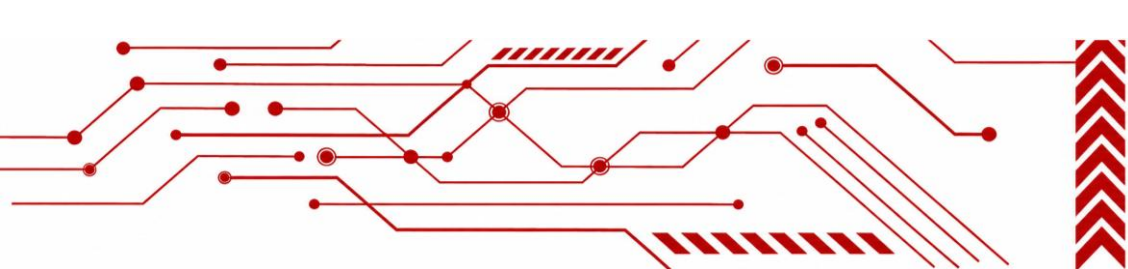
ABSTRACT

This study evaluated the influence of temperature on the physicochemical stability and antimicrobial activity of an exfoliating cream containing methylparaben and propylparaben as the preservative system. Samples were stored at 5°C, 25°C, and 40°C for 15 days and analyzed for pH, organoleptic characteristics, and antimicrobial activity using the agar diffusion method against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Stability was also assessed through a kinetic analysis based on pH variation, which was used as an indirect indicator of physicochemical changes in the formulation and interpreted according to the Arrhenius equation. The results showed greater stability for samples stored at 5°C, whereas those maintained at 40°C exhibited a greater reduction in pH, noticeable visual changes, and smaller inhibition zones, indicating reduced antimicrobial activity and an increased rate of physicochemical alterations. It was concluded that elevated temperatures negatively affect formulation stability and may reduce preservative system performance, highlighting the importance of proper storage conditions to ensure the quality, safety, and efficacy of cosmetic products.

Keywords: cosmetic stability; parabens; temperature; antimicrobial activity; arrhenius equation.

1 INTRODUÇÃO

A indústria cosmética tem apresentado crescimento contínuo nas últimas décadas, impulsionada pelo aumento da demanda por produtos destinados aos cuidados pessoais, higiene e estética. Nesse cenário, a garantia da qualidade e da estabilidade das formulações cosméticas é fundamental para assegurar a segurança, a eficácia e a manutenção de suas características durante o período de validade (Pereira, 2013; Brasil, 2004). Produtos como cremes esfoliantes possuem em sua composição água, óleos e outros compostos orgânicos que podem favorecer alterações físico-químicas e o desenvolvimento de microrganismos quando submetidos a condições inadequadas de armazenamento (Pinto; Kaneko; Pinto, 2015). Dessa forma, torna-se indispensável a realização de estudos de estabilidade para avaliar o comportamento dessas formulações frente a diferentes condições ambientais, contribuindo para o desenvolvimento de produtos seguros, eficazes e com desempenho adequado ao longo de sua vida útil (Brasil, 2004). Os parabenos atuam principalmente na prevenção do crescimento microbiológico, aumentando a segurança e a durabilidade dos produtos cosméticos. Entretanto, fatores externos, especialmente a temperatura de armazenamento, podem influenciar diretamente a



estabilidade desses conservantes e da formulação como um todo. Temperaturas elevadas podem acelerar processos de degradação química, como hidrólise e oxidação, ocasionando alterações no pH, viscosidade, aspecto visual e possível redução da eficácia antimicrobiana do sistema conservante.

O estudo da estabilidade térmica em cosméticos é de grande relevância para o controle de qualidade industrial, pois permite prever o comportamento das formulações durante as etapas de transporte, armazenamento e comercialização, contribuindo para a manutenção de sua qualidade e vida útil (Brasil, 2004). Além disso, análises de estabilidade físico-química associadas a ensaios microbiológicos possibilitam avaliar se o produto mantém suas características e sua proteção microbiológica ao longo do tempo, mesmo quando submetido a condições de estresse térmico, assegurando sua segurança e eficácia para o consumidor (Pinto; Kaneko; Pinto, 2015).

Dentro desse contexto, o acompanhamento do pH pode ser utilizado como um indicador indireto de alterações químicas na formulação, uma vez que processos degradativos podem provocar modificações na acidez do sistema. Paralelamente, testes microbiológicos permitem verificar se a formulação ainda apresenta atividade conservante satisfatória após exposição a diferentes temperaturas. A associação dessas análises contribui para uma compreensão mais ampla da estabilidade do produto cosmético.

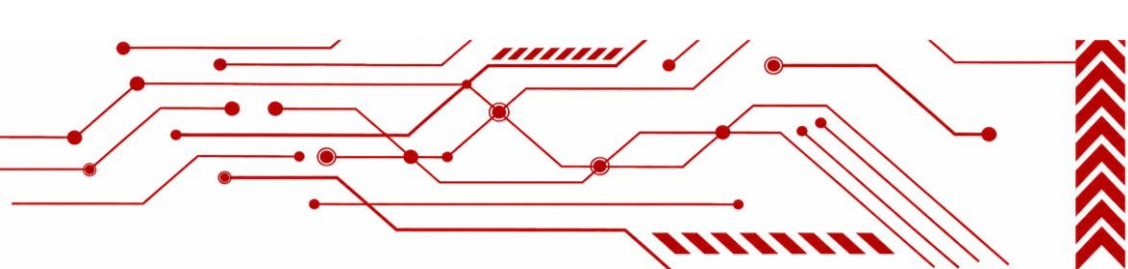
Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes temperaturas na estabilidade físico-química e na eficácia microbiológica de um creme esfoliante contendo methylparaben e propylparaben. Para isso, serão realizadas análises de pH, viscosidade, avaliações visuais, sensoriais e testes microbiológicos em amostras submetidas a diferentes condições térmicas durante um período de armazenamento de 15 dias, buscando compreender os efeitos da temperatura sobre a estabilidade e conservação da formulação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústria cosmética e controle de qualidade

A indústria cosmética possui grande relevância econômica e tecnológica, sendo responsável pelo desenvolvimento de produtos destinados à higiene, proteção e cuidados pessoais. Em 2025 o setor movimentou cerca de um bilhão US\$, marco histórico para o país representando cerca de 2% do PIB nacional (ABIHPEC). O aumento da competitividade nesse setor exige que as formulações apresentem não apenas eficiência estética, mas também estabilidade físico-química e segurança microbiológica durante todo o período de armazenamento e utilização.





Os produtos cosméticos podem sofrer alterações decorrentes de fatores ambientais, como exposição à luz, oxigênio, umidade e temperatura. Essas alterações podem comprometer características importantes da formulação, como aparência, odor, viscosidade e eficácia dos ingredientes ativos. Dessa forma, o controle de qualidade torna-se indispensável para garantir que os produtos mantenham suas propriedades dentro dos padrões estabelecidos pela indústria e pelos órgãos regulatórios.

Entre os parâmetros avaliados no controle de qualidade cosmético Grau 1 destacam-se o pH, a estabilidade térmica, a resistência à contaminação microbiológica, integridade física da emulsão. Essas análises auxiliam na previsão da vida útil do produto e na identificação de possíveis mecanismos de degradação durante o armazenamento. Para cosméticos Grau 2 como protetores solares é necessário acrescentar o teste de teor de ativo dos filtros solares. A análise de teor de ativo consiste na quantificação da concentração do princípio ativo presente na formulação, verificando se ela permanece dentro da especificação ao longo do estudo de estabilidade. O T0 representa a análise realizada imediatamente após a fabricação do produto, servindo como valor de referência. Já o T90 corresponde à análise realizada após 90 dias de armazenamento em condições controladas de estabilidade. A comparação entre T0 e T90 permite avaliar se houve degradação do ativo ou perda de eficácia da formulação durante o período de estudo.

2.2 Conservantes cosméticos

Conservantes são substâncias adicionadas às formulações cosméticas com a finalidade de impedir ou reduzir o crescimento de microrganismos, como bactérias, fungos e leveduras, contribuindo para a segurança e a estabilidade microbiológica do produto (Pereira, 2013). A presença de água e compostos orgânicos em cremes e emulsões favorece o desenvolvimento microbiano, tornando necessária a utilização de sistemas conservantes eficientes para prevenir contaminações e preservar a qualidade da formulação durante sua vida útil (Pinto; Kaneko; Pinto, 2015; Brasil, 2019).

A contaminação microbiológica pode provocar alterações físicas e químicas no produto, além de representar riscos à saúde do consumidor. Entre os principais problemas associados à contaminação estão alteração de odor, separação de fases, mudança de cor, perda da estabilidade da formulação e até mesmo o surgimento de bolores na superfície.

Os conservantes devem apresentar eficiência antimicrobiana, estabilidade química, compatibilidade com os demais componentes da formulação e baixa toxicidade. Além disso, é importante que mantenham sua atividade mesmo após exposição a diferentes condições de armazenamento, evitando assim a contaminação cruzada que poderá ser causada pelo próprio consumidor final.



2.3 Parabenos

Os parabenos constituem uma das classes de conservantes mais utilizadas pela indústria cosmética devido à sua elevada eficácia antimicrobiana, ampla compatibilidade com diferentes tipos de formulações e baixo custo de aplicação. Quimicamente, esses compostos são ésteres do ácido p-hidroxibenzoico, sendo os mais empregados o metilparabeno, etilparabeno, propilparabeno e butilparabeno. Sua principal função é inibir o crescimento de bactérias, fungos e leveduras, contribuindo para a estabilidade microbiológica e para a segurança dos produtos cosméticos durante o armazenamento e a utilização pelo consumidor (Cashman; Warshaw, 2005). Entre os principais representantes dessa classe destacam-se o Methylparaben e o Propylparaben. O methylparaben apresenta maior solubilidade em água e boa atividade antimicrobiana, enquanto o propylparaben possui maior ação contra fungos e leveduras devido à maior cadeia carbônica e maior caráter lipofílico.

A associação entre methylparaben e propylparaben é frequentemente utilizada em formulações cosméticas, pois promove efeito sinérgico na atividade conservante. Dessa forma, a combinação dos dois compostos permite ampliar o espectro antimicrobiano e aumentar a proteção microbiológica do produto.

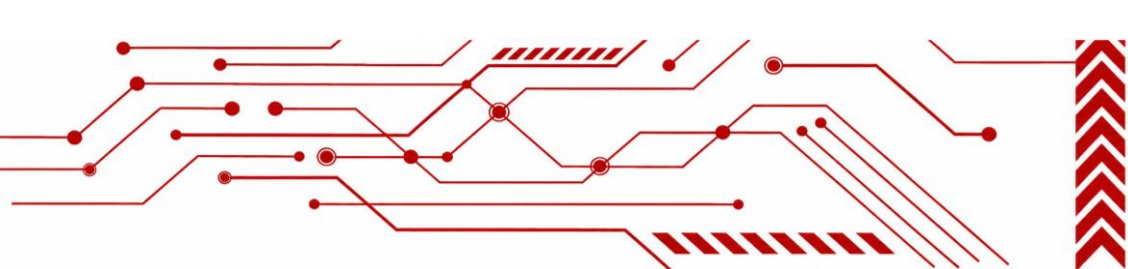
Apesar da ampla utilização, os parabenos podem sofrer alterações químicas quando submetidos a condições inadequadas de armazenamento, especialmente em temperaturas elevadas. Reações como hidrólise e oxidação podem reduzir sua estabilidade e comprometer a eficácia conservante da formulação.

2.4 Estabilidade físico-química de cosméticos

A estabilidade cosmética corresponde à capacidade de um produto manter suas características físicas, químicas e microbiológicas dentro de limites aceitáveis durante o período de armazenamento e utilização. Essa estabilidade é influenciada pela composição da formulação e pelas condições ambientais às quais o produto é submetido.

A estabilidade física está relacionada à manutenção da aparência da formulação, incluindo cor, odor, viscosidade e ausência de separação de fases. Já a estabilidade química refere-se à preservação da estrutura dos componentes presentes no produto, evitando degradação de substâncias ativas, antioxidantes e conservantes.

Além disso, a estabilidade microbiológica representa um aspecto fundamental para a segurança dos cosméticos, especialmente daqueles que contêm água em sua composição. A presença e a eficácia dos sistemas conservantes são determinantes para evitar o crescimento de microrganismos durante o armazenamento e o uso do produto, garantindo sua integridade e segurança para o consumidor (Kaneko; Pinto, 2015).



A avaliação da estabilidade físico-química é importante para garantir a qualidade do produto acabado e prever sua vida útil. Em estudos de estabilidade

acelerada, é comum utilizar baixas e elevadas temperaturas para simular condições extremas de armazenamento, acelerando possíveis processos degradativos.

2.5 Influência da temperatura na degradação de formulações cosméticas

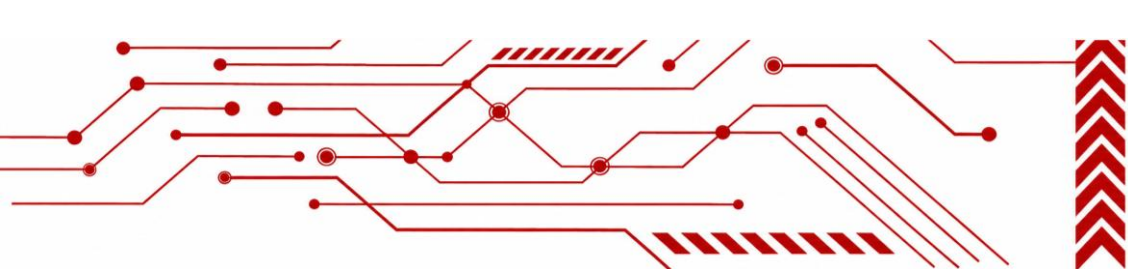
A estabilidade de produtos cosméticos é um fator essencial para garantir a segurança, eficácia e qualidade durante todo o período de validade. Entre os diversos fatores que podem influenciar a estabilidade das formulações, a temperatura destaca-se como um dos mais importantes, pois pode acelerar reações químicas e provocar alterações físicas capazes de comprometer o desempenho do produto. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004), temperaturas elevadas aceleram reações físico-químicas e químicas, ocasionando alterações na atividade dos componentes, viscosidade, aspecto, cor e odor das formulações cosméticas. Além disso, temperaturas muito baixas também podem causar instabilidades físicas, como precipitação, cristalização e turvação do produto. Entre as transformações degradativas mais comuns em cosméticos destacam-se hidrólise, oxidação e degradação de emulsões. Essas alterações podem provocar mudanças no pH, redução da viscosidade, alteração da textura e perda da eficácia dos ativos e dos conservantes.

A degradação térmica dos conservantes pode diminuir a proteção microbiológica do produto, permitindo maior proliferação de microrganismos. Dessa forma, o estudo da influência da temperatura torna-se essencial para avaliar a segurança e a estabilidade dos cosméticos durante o armazenamento.

2.6 pH como Indicador de estabilidade

O pH constitui um importante parâmetro físico-químico para avaliação da estabilidade de produtos cosméticos. Alterações em seus valores durante o armazenamento podem indicar etapas de degradação dos componentes da formulação, interações entre matérias-primas ou modificações que comprometam a qualidade, segurança e eficácia do produto. Dessa forma, o monitoramento do pH é amplamente empregado como indicador indireto da estabilidade cosmética (ANVISA, 2004; Pereira, 2013).

Em estudos de estabilidade, o acompanhamento do pH permite identificar alterações decorrentes de processos degradativos induzidos por temperatura.



Embora o pH não determine diretamente a concentração dos conservantes, sua variação pode ser utilizada como indicador de instabilidade físico-química.

A manutenção do pH dentro de faixas adequadas é importante para garantir a estabilidade da emulsão, segurança dérmica e a eficácia dos conservantes presentes na formulação cosmética.

2.7 Microbiologia cosmética

Os produtos cosméticos estão suscetíveis à contaminação microbiológica durante as etapas de fabricação, armazenamento, transporte e utilização pelo consumidor. A presença de microrganismos pode provocar alterações nas características físico-químicas do produto, reduzir sua vida útil e representar riscos à saúde dos usuários, especialmente quando o cosmético é aplicado em regiões sensíveis do corpo ou em peles lesionadas. Dessa forma, o controle microbiológico constitui um requisito fundamental para garantir a qualidade, segurança e eficácia dos produtos cosméticos (ANVISA, 2019).

Entre os microrganismos mais frequentemente associados à contaminação de cosméticos destacam-se as bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, além de bactérias aeróbias mesófilas e fungos como *Candida albicans*. Esses microrganismos são amplamente utilizados como organismos-teste em estudos de eficácia de conservantes devido à sua relevância sanitária e à capacidade de representar possíveis contaminantes encontrados em produtos cosméticos (Brasil, 2019; ISO 11930, 2019).

Os ensaios microbiológicos permitem verificar se os conservantes continuam apresentando atividade antimicrobiana após exposição a diferentes condições de armazenamento. Entre os métodos mais utilizados destacam-se os testes de difusão em ágar e avaliação de halo de inibição, que possibilitam analisar a capacidade antimicrobiana da formulação.

2.8 Cinética de degradação

A cinética química estuda a velocidade das reações químicas e os fatores que influenciam sua ocorrência. Em formulações cosméticas, o estudo cinético pode ser utilizado para avaliar etapas de degradação induzidos por temperatura.

A degradação de componentes químicos pode ser descrita por modelos cinéticos, sendo comum a utilização da cinética de primeira ordem em estudos de estabilidade. Nesse modelo, a velocidade de degradação depende diretamente da concentração da substância analisada.

No presente estudo, a variação do pH será utilizado como parâmetro indireto para avaliação da estabilidade da formulação submetida a diferentes temperaturas.



2.9. Equação de Arrhenius

A influência da temperatura na velocidade das reações químicas pode ser descrita pela equação de Arrhenius, amplamente utilizada em estudos de estabilidade acelerada.

A equação demonstra que o aumento da temperatura promove aumento na velocidade das reações químicas, favorecendo etapas degradativas. Dessa forma, a aplicação da equação de Arrhenius possibilita compreender o efeito térmico sobre a estabilidade das formulações cosméticas contendo conservantes.

3 METODOLOGIA

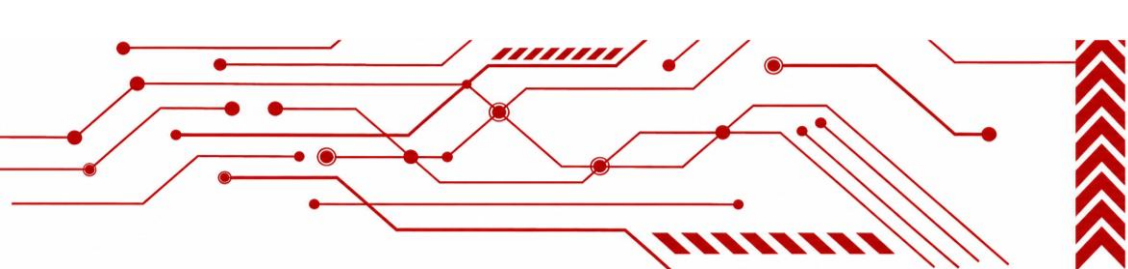
3.1 Tipo de pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa experimental de natureza quantitativa, desenvolvida com o objetivo de avaliar a influência da temperatura na estabilidade físico-química e na eficácia microbiológica de um creme esfoliante contendo os conservantes Methylparaben e Propylparaben. O estudo foi realizado por meio de análises de estabilidade acelerada, utilizando diferentes condições de armazenamento térmico durante um período de 15 dias.

3.2 Materiais

Para o desenvolvimento da formulação cosmética e realização das análises foram utilizados os seguintes materiais e reagentes:

- methylparaben;
- propylparaben;
- base para creme esfoliante;
- agente esfoliante;
- água destilada;
- béqueres;
- agitador mecânico;
- balança analítica e semi - analítica
- pHmetro digital;
- Viscosímetro;

- 
- placas de Petri;
 - meio de cultura ágar;
 - micropipetas;
 - estufa bacteriológica;
 - refrigerador;
 - paquímetro;
 - recipientes plásticos para armazenamento das amostras.
 - Também foram utilizados microrganismos padrões para os ensaios microbiológicos:
 - Escherichia coli;
 - Staphylococcus aureus.

3.3 Preparação da formulação cosmética

Inicialmente, foi preparada a formulação base do creme esfoliante por meio da mistura homogênea dos componentes da fase aquosa e da fase oleosa. Após completa homogeneização e resfriamento da emulsão, foram adicionados os conservantes.

- methylparaben = 0,2%
- propylparaben = 0,2%

Posteriormente, adicionou -se a casca de nozes que foi utilizada como agente esfoliante físico, proporcionando abrasividade adequada para a remoção de impurezas e células mortas sem comprometer a integridade da pele quando empregada na concentração recomendada. Foi adicionada sob agitação contínua até obtenção de uma formulação homogênea. Após o preparo, o creme foi acondicionado em sua embalagem primária, pote de plástico, devidamente identificados para realização dos testes de estabilidade.

3.4 Condições de armazenamento

As amostras foram divididas em três grupos e submetidas a diferentes condições de temperatura, com o objetivo de avaliar a influência térmica na estabilidade da formulação.

As condições utilizadas foram:



Tabela 1 - Condições do experimento

Condição	Temperatura
Refrigeração	5°C
Temperatura ambiente	25°C
Estresse térmico	40°C

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

As amostras permaneceram armazenadas durante 15 dias, sendo avaliadas periodicamente ao longo do experimento.

3.5 Avaliação físico-química

O pH das amostras foi determinado utilizando pHmetro digital Gehaka Pg 1800 previamente calibrado com soluções tampão padrão. As análises foram realizadas nos dias 0, 3, 5, 7, 10, 12 e 15 do experimento.

Para cada análise, uma alíquota da formulação foi transferida para um recipiente limpo, realizando-se a leitura direta do pH em temperatura ambiente. Os valores obtidos foram registrados para posterior construção de gráficos e avaliação da estabilidade da formulação.

3.6 Avaliação organoléptica

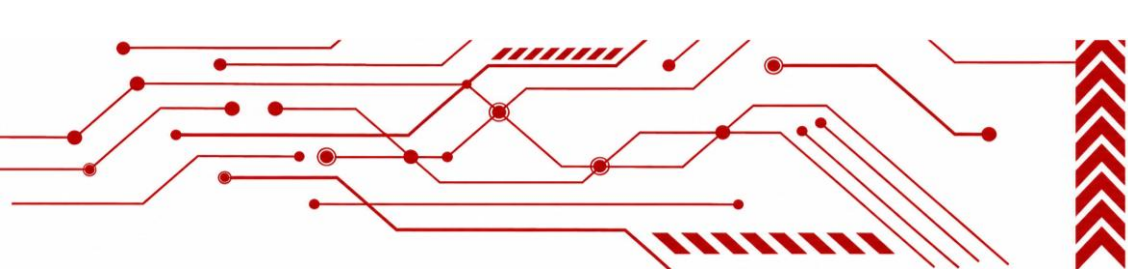
As amostras foram submetidas à avaliação visual durante o período experimental, observando-se possíveis alterações relacionadas a:

- cor;
- odor;
- textura;
- homogeneidade;
- separação de fases.

As observações foram registradas em fichas de acompanhamento para comparação entre as diferentes temperaturas de armazenamento.

3.7 Avaliação da viscosidade

A viscosidade da formulação foi avaliada de forma comparativa durante armazenamento utilizando o viscosímetro Marte MVD-08, observando-se



possíveis alterações na consistência e espalhabilidade do creme esfoliante em função da temperatura.

3.8 Ensaios microbiológicos

Os testes microbiológicos foram realizados ao final do período de armazenamento, com o objetivo de avaliar a eficácia antimicrobiana da formulação após exposição às diferentes temperaturas.

Inicialmente, os microrganismos foram inoculados em placas contendo meio de cultura ágar previamente preparado e esterilizado. Em seguida, pequenas quantidades das amostras do creme foram aplicadas sobre a superfície do meio inoculado.

As placas foram incubadas em estufa bacteriológica em temperatura adequada ao crescimento microbiano por período previamente estabelecido. Após incubação, foi realizada a observação da formação de halos de inibição ao redor das amostras.

A presença de halos indicou atividade antimicrobiana da formulação, enquanto reduções no tamanho dos halos foram utilizadas como indicativo de possível perda da eficácia conservante após exposição térmica.

3.9 Tratamento dos dados

Os resultados obtidos nas análises de pH e microbiologia foram organizados em tabelas para comparação entre as diferentes condições de armazenamento.

A avaliação da estabilidade da formulação foi realizada por meio da análise da variação do pH ao longo do tempo e da comparação da atividade antimicrobiana observada nos ensaios microbiológicos.

Para interpretação da influência da temperatura sobre a estabilidade da formulação, foi utilizada abordagem cinética baseada na variação experimental dos parâmetros analisados.

4 ANÁLISE CINÉTICA

A avaliação cinética da estabilidade da formulação foi realizada utilizando modelo de primeira ordem aplicado à variação experimental observada durante o armazenamento. O pH foi utilizado como um parâmetro indireto para representar a evolução das alterações físico-químicas da formulação, não correspondendo à medição direta da concentração dos conservantes.



$$-\ln \left(\frac{C}{C_0} \right) = -kt \quad (1)$$

Onde:

C_0 = valor inicial do pH;

C = valor do pH no tempo t ;

k = constante cinética;

t = tempo.

4.1 Avaliação da influência da temperatura

A influência da temperatura sobre a estabilidade da formulação foi interpretada com base na equação de Arrhenius.

$$k = Ae^{\frac{-Ea}{RT}} \quad (2)$$

Onde:

k = constante cinética;

A = fator pré-exponencial;

Ea = energia de ativação;

R = constante universal dos gases (8,314 Jmol⁻¹ K⁻¹);

T = temperatura absoluta em Kelvin.

A partir dos resultados experimentais, foi possível avaliar o efeito do aumento da temperatura na velocidade das alterações físico-químicas observadas na formulação cosmética.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação do pH

Durante o período de armazenamento, observou-se alteração gradual do pH das formulações submetidas às diferentes temperaturas. A amostra armazenada em 40°C apresentou maior variação de pH quando comparada às demais condições, indicando maior instabilidade físico-química da formulação, veja a tabela 2.

A redução do pH observada nas amostras submetidas à temperatura de 40°C pode estar relacionada à ocorrência de etapas degradativas acelerados pela exposição térmica. O aumento da temperatura favorece reações químicas como hidrólise e oxidação, contribuindo para alterações na estabilidade da formulação cosmética.

Tabela 2 – Variação do pH durante o armazenamento

Tempo (dias)	5°C	25°C	40°C
0	6,50	6,50	6,50
	6,48	6,44	6,30
5	6,46	6,38	6,12
7	6,45	6,30	5,95
10	6,43	6,20	5,70
12	6,41	6,12	5,55
15	6,40	6,05	5,32

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

As amostras armazenadas em 5°C apresentaram menor variação de pH ao longo do experimento, indicando maior estabilidade em condições de refrigeração.

5.2 Avaliação da viscosidade (mPa.S)

Durante o período de armazenamento, observou -se a partir das análises feitas no viscosímetro alterações da viscosidade das formulações submetidas às

Diferentes temperaturas. A amostra armazenada em 40°C apresentou maior variação quando comparada às demais condições, indicando maior instabilidade da formulação.

Tabela 3 – Avaliação Viscosidade

Tempo (dias)	5°C	25°C	40°C
0	1350	1350	1350
15	1347	1346	1341

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Os resultados obtidos após 15 dias de estudo indicam que a formulação apresentou boa estabilidade física nas condições de armazenamento avaliadas (5°C, 25°C e 40°C). As pequenas reduções observadas na viscosidade foram inferiores a 1%, comparada ao resultado da viscosidade do tempo 0, demonstrando que o produto manteve suas características reológicas praticamente inalteradas durante o período analisado. Embora a maior variação tenha sido registrada a 40°C, essa alteração foi discreta e não sugere comprometimento significativo da estabilidade da formulação até o momento. O acompanhamento contínuo do estudo permitirá confirmar o comportamento do produto em períodos mais longos de armazenamento.

5.3. Avaliação Organoléptica

Durante o armazenamento, as formulações mantidas em temperatura ambiente e refrigeração apresentaram poucas alterações visuais. Entretanto, a amostra armazenada em 40°C apresentou modificações perceptíveis ao final do experimento.

Tabela 4 – Avaliação visual das formulações

Temperatura	Cor	Odor	Separação de fases
5°C	Sem alteração	Sem alteração	Ausente
25°C	Sem alteração	Sem alteração	Ausente
40°C	Escurecimento leve	Levemente alterado	Ausente

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Os resultados indicam que temperaturas elevadas podem comprometer a estabilidade física da emulsão cosmética, favorecendo alterações na aparência e homogeneidade da formulação.

5.4 Ensaios Microbiológicos

Os testes microbiológicos demonstraram redução da atividade antimicrobiana das formulações submetidas à maior temperatura de armazenamento.

Tabela 5 – Halo de inibição observado após 15 dias

Temperatura	Escherichia coli	Staphylococcus aureus
5°C	18 mm	17,4 mm
25°C	15,3 mm	15,1 mm
40°C	13,2 mm	11,6 mm

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

As formulações armazenadas em 40°C apresentaram menor halo de inibição, indicando possível redução da eficácia antimicrobiana dos conservantes após exposição térmica. Esse comportamento sugere que o aumento da temperatura pode reduzir a eficácia do sistema conservante ou provocar alterações na formulação que afetem sua atividade antimicrobiana, uma vez que este estudo utilizou o halo de inibição como indicador indireto e não avaliou diretamente a degradação química dos conservantes. As amostras mantidas em 5°C apresentaram maior atividade antimicrobiana, demonstrando melhor preservação da eficácia conservante em temperaturas reduzidas.

5.5 Avaliação Cinética

A variação experimental observada durante o armazenamento foi analisada por meio de um modelo cinético de primeira ordem, utilizando a variação do pH como indicador indireto das alterações físico-químicas da formulação.

Os resultados demonstraram que o aumento da temperatura esteve associado a uma maior velocidade dessas alterações, comportamento compatível com o previsto pela equação de Arrhenius.

Além disso, as amostras submetidas a temperaturas mais elevadas apresentaram redução dos halos de inibição frente aos microrganismos avaliados, sugerindo possível diminuição da atividade antimicrobiana e da estabilidade global da formulação cosmética contendo methylparaben e propylparaben.

5.6 Cálculos Cinéticos

Para avaliação cinética da estabilidade da formulação, foram utilizados os dados experimentais de pH obtidos durante o armazenamento das amostras.

Para realização do cálculo foi utilizada a condição de 40°C, por apresentar maior alteração físico-química ao longo do experimento.

Dados Utilizados

Tabela 6 – Variação do pH x dias

Tempo (dias)	pH
0	6,50
3	6,30
5	6,12
7	5,95
10	5,70
12	5,55
15	5,32

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Gráfico 1 – Regressão linear



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Modelo Cinético de Primeira Ordem

Foi aplicado o modelo cinético de primeira ordem:

$$\ln \left(\frac{C_0}{C} \right) = -kt \quad (3)$$

Onde:

C_0 = valor inicial do pH;

C = valor do pH no tempo t ;

k = constante cinética;

t = tempo.

Cálculo Experimental

Utilizando os valores:

$$C_0 = 6,50$$

$$C = 5,32$$

$$t = 15 \text{ dias}$$

Substituindo na equação:

$$\ln \frac{5,32}{6,50} = -k(15) \quad (4)$$

Passo 1 – Divisão

$$\frac{5,32}{6,50} = 0,8185 \quad (5)$$

Passo 2 – Logaritmo natural

$$\ln(0,8185) = -0,2003 \quad (6)$$

Passo 3 – Determinação da constante cinética

$$-0,2003 = -15k \quad (7)$$

$$k = 0,01335 \text{ dia}^{-1}$$

Resultado

A constante cinética experimental para a formulação armazenada a 40°C foi:

$$k = 0,01335 \text{ dia}^{-1} \quad (8)$$

Outros valores de K estão descritos na tabela 7.

Interpretação

O valor da constante cinética indica que a formulação apresentou maior velocidade de alteração físico-química em condição de estresse térmico. Quanto maior o valor de k , maior é a velocidade das alterações observadas na formulação.

5.7 Cálculo da Equação de Arrhenius

Para avaliar a influência da temperatura na velocidade das alterações físico-químicas da formulação cosmética, foi utilizada a equação de Arrhenius.

$$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (9)$$

Linearizando a equação:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right) \quad (10)$$

Onde:

k = constante cinética;

A = fator pré-exponencial;

E_a = energia de ativação;

R = constante universal dos gases (8,314 Jmol⁻¹ K⁻¹);

T = temperatura absoluta em Kelvin.

Dados Experimentais

As constantes cinéticas obtidas experimentalmente foram:

Tabela 7 – Constantes cinéticas

Temperatura	Temperatura (K)	$k(\text{dia}^{-1})$
5°C	278,15	0,00103
25°C	298,15	0,00479
40°C	313,15	0,01335

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Passo 1 – Calcular $1/T$

Tabela 8 – Temperaturas em K

Temperatura (K)	$1/T(K^{-1})$
278,15	0,003597
298,15	0,003356
313,15	0,003194

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Passo 2 – Calcular $\ln k$

Tabela 9 – Cálculo $\ln k$

k	$\ln k$
0,00103	-6,878
0,00479	-5,341
0,01335	-4,316

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Tabela 10 – Valor final para Arrhenius

$1/T(K^{-1})$	$\ln k$
0,003597	-6,878
0,003356	-5,341
0,003194	-4,316

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Determinação da Inclinação da Reta

A equação linear de Arrhenius possui formato:

$$y = ax + b \quad (11)$$

Onde:

$$y = \ln k$$

$$x = 1/T$$

$$\text{inclinação } a = -Ea/R$$

Utilizando os pontos extremos:

$$\frac{-4,316 - (-6,878)r^2}{0,003194 - 0,003597} \quad (12)$$

Passo 1 – Subtração do numerador

$$-4,316 + 6,878 = 2,562 \quad (13)$$

Passo 2 – Subtração do denominador

$$0,003194 - 0,003597 = -0,000403 \quad (14)$$

Passo 3 – Inclinação

$$a = \frac{2,562}{-6357,3} \quad (15)$$

$$a = -6357,3 \quad (16)$$

Cálculo da Energia de Ativação

Sabendo que:

$$a = -E_a/R \quad (17)$$

Então:

$$-6357,3 = -E_a/8,314 \quad (18)$$

Isolando E_a

$$E_a = 6357,3 \times 8,314 \quad (19)$$

$$E_a = 52853,6 \text{ J/mol}$$

Resultado

$$E_a = 52,85 \text{ kJ/mol}$$

5.8 Interpretação

A energia de ativação obtida indica a quantidade mínima de energia necessária para que ocorram as alterações físico-químicas observadas na formulação cosmética. O valor calculado demonstra que o aumento da temperatura favoreceu significativamente a velocidade das alterações na formulação contendo methylparaben e propylparaben.

Valores mais elevados de energia de ativação indicam maior dependência térmica do sistema estudado, evidenciando a influência da temperatura sobre a estabilidade da formulação cosmética.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram comportamento compatível com a teoria cinética e com a equação de Arrhenius, evidenciando aumento da velocidade das alterações físico-químicas com a elevação da temperatura, considerando a variação do pH como um indicador indireto da estabilidade da formulação.

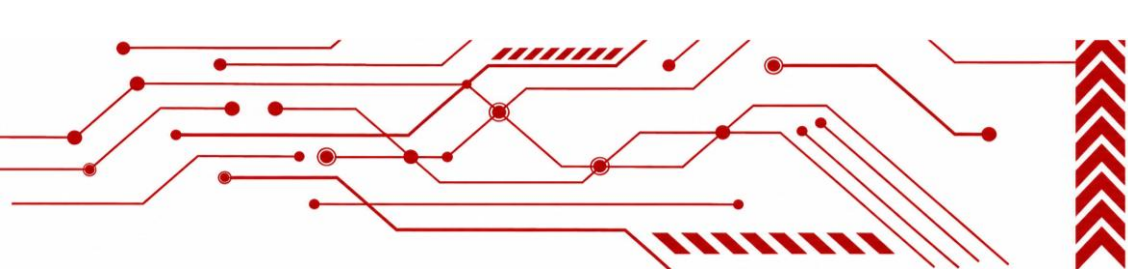
A formulação submetida a 40°C apresentou maior constante cinética e maior variação de pH, sugerindo menor estabilidade térmica em condições de estresse acelerado.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a temperatura de armazenamento exerce influência direta sobre a atividade antimicrobiana da formulação avaliada. Após 15 dias de armazenamento, observou-se que as amostras mantidas a 5°C apresentaram os maiores halos de inibição frente a *Escherichia coli* (18,0 mm) e *Staphylococcus aureus* (17,4 mm), indicando melhor preservação da eficácia antimicrobiana. Em contrapartida, o aumento da temperatura para 25°C e, principalmente, 40°C, promoveu uma redução gradual dos halos de inibição, evidenciando diminuição da atividade do produto.

Esses resultados sugerem que condições de armazenamento em temperaturas elevadas podem comprometer a estabilidade dos componentes responsáveis pela ação antimicrobiana, reforçando a importância da realização de estudos de estabilidade para garantir a qualidade, a segurança e a eficácia dos produtos cosméticos ao longo de sua vida útil.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Farmacopeia brasileira**. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019.



BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia de estabilidade de produtos cosméticos**. Brasília: ANVISA, 2004.

BRCAST. **Guia de leitura**: disco difusão. 2021. Disponível em: <https://brcast.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Guia-de-Leitura-Disco-Difusao-BrCAST-20-03-2021.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2026.

CASHMAN, Allison L.; WARSHAW, Erin M. **Parabens**: a review of epidemiology, structure, allergenicity, and hormonal properties. *Dermatitis*, v. 16, n. 2, p. 57-66, 2005.

PEREIRA, M. de F. L. **Cosmetologia aplicada à dermoestética**. 2. ed. São Paulo: Pharmabooks, 2013.

PINTO, T. de J. A.; KANEKO, T. M.; OHARA, M. T. **Controle microbiológico de qualidade de produtos farmacêuticos, correlatos e cosméticos**. São Paulo: Atheneu, 2000.

PINTO, T. de J. A.; KANEKO, T. M.; PINTO, A. F. **Controle biológico de qualidade de produtos farmacêuticos, correlatos e cosméticos**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2015.

REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA ANVISA. **Farmacopeia Brasileira 7ª edição**: volume I - versão RDC nº 940/2024. 2024. Disponível em: <http://bibliotecadigital.anvisa.gov.br/jspui/handle/anvisa/11937>. Acesso em: 10 jun. 2026.

