

Planejamento experimental aplicado ao desenvolvimento de sabonete líquido utilizando extratos de andiroba e mulateiro

Experimental design applied to the development of liquid soap using andiroba and mulateiro extracts

Diseño experimental aplicado al desarrollo de jabón líquido a partir de extractos de andiroba y mulateiro

Recebido: 18/09/2022 | Revisado: 28/09/2022 | Aceitado: 29/09/2022 | Publicado: 08/10/2022

Rudyere Nascimento Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1235-3650>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil

E-mail: rudyere.silva@ifam.edu.br

Heloide de Lima Cavalcante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4546-7635>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil

E-mail: heloide.cavalcante@ifam.edu.br

Resumo

Por suas atraentes propriedades, os extratos vegetais da região amazônica tornaram-se matérias-primas fundamentais para a fabricação de produtos cosméticos no mercado mundial, neste contexto incluem-se os extratos de andiroba e mulateiro que possuem excelentes propriedades benéficas à pele. Na criação e desenvolvimento de novos produtos, o planejamento fatorial apresenta-se como uma ferramenta científica eficiente a ser empregada. Desta forma, o objetivo deste trabalho consistiu em realizar o desenvolvimento de um sabonete líquido combinando os extratos vegetais de mulateiro e andiroba, uma vez que não se tem conhecimento de qualquer produto que combine as ações de ambos, com o auxílio de planejamento experimental estatístico. Com esta ferramenta estatística foi possível avaliar a influência dos principais componentes da formulação (lauril, amida, anfótero, extrato vegetal e essência) nas propriedades físico-químicas do produto. Após o desenvolvimento experimental, verificou-se que a proposta de criação de um sabonete líquido com a utilização dos dois extratos é viável, pois não observou-se desequilíbrio físico-químico promovido pela combinação nas formulações desenvolvidas. Por sua vez, a análise do planejamento fatorial demonstra que o lauril (lauril éter sulfato de sódio) influenciou as seguintes propriedades: pH, condutividade elétrica, viscosidade, densidade e resíduo seco. A amida (dietanolamina de ácido graxo de coco), por sua vez, influencia o pH, viscosidade e resíduo seco. O componente anfótero (anfótero bezaínico) influenciou as respostas para viscosidade, densidade e resíduo seco. Por fim, a essência foi significativa apenas para a resposta de resíduo seco, enquanto o extrato vegetal nas formulações não apresentou significância estatística nas respostas obtidas.

Palavras-chave: Sabonete líquido; Andiroba; Mulateiro; Planejamento fatorial.

Abstract

Due to their attractive properties, plant extracts from the Amazon region have made them fundamental raw materials for the manufacture of cosmetic products on the world market. In the creation and development of new products, factorial planning presents itself as an efficient scientific tool to be used. Thus, the objective of this work was to carry out the development of a liquid soap combining the plant extracts of mulateiro and andiroba, since there is no knowledge of any product that combines the actions of both, with the aid of statistical experimental planning. With this statistical tool, it was possible to evaluate the influence of the main components of the formulation (lauryl, amide, amphoteric, plant extract and essence) on the physicochemical properties of the product. After the experimental development, it was found that the proposal to create a liquid soap using two extracts is viable, as there was no physical-chemical imbalance promoted by the combination in the developed formulations. In turn, the factorial design analysis demonstrates that lauryl (sodium lauryl ether sulfate) influenced the following responses: pH, electrical conductivity, viscosity, density and dry residue. The amide (coconut fatty acid diethanolamine) was significant for pH, viscosity and dry residue. The amphoteric component (bezainic amphoteric) influenced the responses to viscosity, density and dry residue. In turn, the essence was significant only for the dry residue response. Finally, the plant extract in the formulations did not show statistical significance in the responses obtained.

Keywords: Liquid soap; Andiroba; Mulateiro; Factorial planning.

Resumen

Por sus atractivas propiedades, los extractos de plantas de la región amazónica los han convertido en materia prima fundamental para la elaboración de productos cosméticos en el mercado mundial. En la creación y desarrollo de nuevos productos, la planificación factorial se presenta como una herramienta científica eficiente a utilizar. Así, el objetivo de este trabajo fue llevar a cabo el desarrollo de un jabón líquido combinando los extractos vegetales de mulateiro y andiroba, ya que no se conoce ningún producto que combine las acciones de ambos, con la ayuda de una planificación experimental estadística. Con esta herramienta estadística fue posible evaluar la influencia de los principales componentes de la formulación (lauril, amida, anfótero, extracto vegetal y esencia) sobre las propiedades fisicoquímicas del producto. Luego del desarrollo experimental, se encontró que la propuesta de crear un jabón líquido a partir de dos extractos es viable, ya que no hubo desequilibrio físico-químico promovido por la combinación en las formulaciones desarrolladas. A su vez, el análisis de diseño factorial demuestra que el lauril (lauril éter sulfato de sodio) influyó en las siguientes respuestas: pH, conductividad eléctrica, viscosidad, densidad y residuo seco. La amida (dietanolamina de ácido graso de coco) fue significativa para el pH, la viscosidad y el residuo seco. El componente anfótero (anfótero bezaínico) influyó en las respuestas a la viscosidad, la densidad y el residuo seco. A su vez, la esencia fue significativa solo para la respuesta del residuo seco. Finalmente, el extracto vegetal en las formulaciones no mostró significación estadística en las respuestas obtenidas.

Palabras clave: Jabón líquido; Andiroba; Mulateiro; Diseño factorial.

1. Introdução

A indústria de cosméticos tem investido, já há algum tempo, em uma promissora alternativa que vem fornecendo excelentes resultados na estética e nos cuidados especiais com o meio ambiente: a utilização de produtos oriundos de recursos vegetais, principalmente, em substituição aos de origem mineral. Esta nova opção caracteriza a nova tendência de cosméticos ecologicamente corretos e eficazes na obtenção do padrão de beleza tão cobiçado na sociedade moderna (Cherubim et al., 2019).

A utilização de extratos vegetais apresenta muitos benefícios à pele. Estes componentes reagem melhor com o tecido e permitem que tanto a água, como outros princípios ativos existentes nos cosméticos aplicados sejam bem absorvidos. Além disso, aumentam a proteção da pele contra a perda excessiva de líquidos, permitem a respiração cutânea e assimilam a luz solar, auxiliam o restabelecimento de peles rachadas e ressecadas, normalizando e reforçando a estrutura do tecido. Também causam menos reações citotóxicas e alérgicas. E, finalmente, são biodegradáveis, não poluem e nem agredem o meio ambiente (Bezerra et al., 2018).

Dentre os extratos vegetais mais utilizados, destacam-se aqueles oriundos da região amazônica, utilizados na fabricação de diversos bioprodutos. Por causa de suas atraentes propriedades, o mercado mundial para estes produtos encontra-se em constante expansão. E, desta forma, representam um segmento cada vez mais atrativo para futuros investimentos no país, que atualmente tem desenvolvido arranjos políticos, econômicos e ambientais para a exploração deste recurso de maneira sustentável (Paiva, 2019).

A Amazônia apresenta inúmeras espécies nativas de plantas que apresentam potencial econômico, tecnológico e nutricional, as quais têm despertado o interesse de estudos científicos em diversificadas áreas, tais como: alimentícia, farmacêutica, cosmética, aromatizante e essências (Frickmann e Vasconcellos, 2011). E dentro deste contexto, encontram-se duas plantas bastante conhecidas na região cujos extratos apresentam ótimos benefícios à pele e, portanto, possuem apreciável potencial de utilização em cosméticos. São eles: o mulateiro (*Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. ex K. Schum) e a andiroba (*Carapa guianenses* Aubl). A utilização da andiroba é bastante conhecida em produtos utilizados em tratamentos capilares com o intuito de deixar os cabelos sedosos, macios e brilhantes; e em produtos utilizados na pele. Os seus principais benefícios são emoliência, maciez, suavidade e restauração, entre outros (Ribeiro et al., 2021). Por sua vez, o extrato obtido do mulateiro possui características antibacteriana, antioxidante, antiparasítica, repelente e inseticida, sendo empregada em cosméticos para eliminação de manchas, cicatrizes e prevenção de rugas (Dookie et al., 2021). Os extratos dessas plantas são plenamente utilizados para elaboração de diversos produtos cosméticos, inclusive em outros países e até mesmo em

combinação com outros produtos (Marinho, 2004). Entretanto, não foi encontrado na literatura qualquer produto que utilizasse esses dois extratos simultaneamente. Portanto, torna-se interessante a investigação da possibilidade de desenvolvimento de um produto que combine as propriedades de ambos.

Na criação e desenvolvimento de novos produtos, uma ferramenta científica apresenta-se como ótima alternativa a ser empregada, o planejamento fatorial 2k. De acordo com Montgomery e Runger (2009), este é um método através do qual são realizados testes com diferentes fatores, cada um com dois níveis, e, desta forma, os experimentos podem demonstrar quais fatores possuem efeito em relação ao resultado. Com isso, é possível determinar os parâmetros ideais a fim de obter as características desejadas para o produto que está sendo desenvolvido.

Desta forma, tendo em vista a disponibilidade dos recursos destas plantas e do desconhecimento de um produto que envolva a utilização deles simultaneamente, este trabalho se propôs a desenvolver um cosmético utilizando estes dois extratos com o intuito de ajudar a diversificar a gama de produtos com as matérias-primas da Amazônia e contribuir com os estudos sobre o potencial dos produtos naturais e agregar mais valor aos produtos da região.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho consistiu em realizar o desenvolvimento de um sabonete líquido combinando os extratos vegetais de mulateiro e andiroba com o auxílio de planejamento experimental estatístico. E os objetivos específicos foram: i) Utilizar os principais componentes para a formulação do sabonete líquido como fatores em um planejamento fatorial; ii) Realizar a caracterização físico-química das formulações desenvolvidas; iii) Avaliar a influência dos componentes da formulação nas características do produto.

2. Metodologia

No desenvolvimento do presente estudo, de natureza quantitativa, foi empregada a metodologia experimental. Neste tipo de pesquisa, os objetos de estudo são submetidos à determinadas variáveis. Para isto, aplica-se condições controladas e conhecidas pelo investigador. Ao final, deseja-se averiguar os efeitos ou resultados que tais variáveis produziram no objeto estudado (Prodanov & Freitas, 2013).

2.1 Formulação cosmética

Tabela 1. Composição estabelecida como ponto central.

Componente	Concentração (% p/p)
Lauril éter sulfato de sódio (lauril)	20
Dietanolamina de ácido graxo de coco a 80% (amida)	3
Anfótero betaínico (anfótero)	3
Combinado de extratos vegetais de andiroba e mulateiro	2
Essência de mulateiro	2
Metilparabeno	0,15
Propilparabeno	0,05
EDTA	0,01
Água destilada	q.s.p.

Fonte: Autores.

O desenvolvimento das formulações abrange a elaboração de formulações em veículos emulsionados, avaliando-se a obtenção de emulsões macroscopicamente estáveis, com valores de viscosidade variados, de pH compatível com o da pele e de características organolépticas (aspecto, cor e odor) adequadas, segundo critérios do formulador, mercadológicos e outros

referendados pela literatura (Brasil, 2011; Minto, Vieira, Viríssimo e Miranda, 2020; Pires, Pires, Lopes, Aguiar, Cavalcante, Oliveira, Dourado e Morais, 2021).

Neste trabalho, a composição demonstrada na Tabela 1 foi estabelecida como ponto central para a produção das diferentes formulações de sabonete líquido. A partir dela foram definidos, então, os níveis para os componentes estabelecidos como fatores no planejamento fatorial (Monteiro, Tavares e Vasconcelos, 2020; Silva, Santos e Vasconcelos, 2021).

Dentre os componentes utilizados, metilparabeno, propilparabeno e EDTA já estão em sua concentração fixa, não sendo permitida a utilização de níveis mais elevados do que aqueles apresentados na Tabela 1 para estes itens. Desta forma, foram estabelecidas como fatores as matérias-primas que permitiam variação em sua proporção. São elas: Lauril, amida, anfótero, extrato e essência; totalizando cinco fatores, cada qual com dois níveis (Tabela 2).

Tabela 2. Fatores e níveis utilizados no planejamento fatorial 2⁵.

Fatores	Nível Inferior (-1)	Ponto Central (0)	Nível Superior (+1)
Lauril	15%	20%	25%
Amida	1%	3%	5%
Anfótero	1%	3%	5%
Extrato	1%	2%	3%
Essência	1%	2%	3%

Fonte: Autores.

Também foi realizada a triplicata no ponto central do planejamento fatorial, portanto o resultado do experimento é definido com a utilização de 35 formulações (Tabela 3). Ao todo, foram preparadas 150 gramas para cada formulação, quantidade necessária de amostra para a realização das análises organolépticas e físico-químicas.

Tabela 3. Combinações entre os diferentes níveis e fatores.

Formulações	Lauril	Amida	Anfótero	Extrato	Essência
1	1	1	-1	1	-1
2	-1	-1	-1	1	1
3	-1	1	-1	1	-1
4	-1	-1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	-1	-1	1
7	1	1	1	-1	-1
8	-1	-1	1	-1	1
9	-1	-1	-1	1	-1
10	-1	1	1	1	1
11	-1	1	-1	-1	1
12	-1	1	1	-1	1
13	1	-1	1	1	1
14	-1	-1	1	-1	-1
15	1	1	-1	1	1
16	-1	-1	-1	-1	1
17	1	-1	-1	1	1
18	1	-1	-1	1	-1

19	-1	-1	1	1	-1
20	-1	1	1	1	-1
21	1	-1	1	-1	1
22	1	1	1	-1	1
23	1	-1	1	-1	-1
24	1	-1	-1	-1	-1
25	1	1	-1	-1	-1
26	-1	1	1	-1	-1
27	-1	1	-1	-1	-1
28	1	1	1	1	-1
29	1	-1	-1	-1	1
30	-1	1	-1	1	1
31	1	-1	1	1	-1
32	-1	-1	-1	-1	-1
33	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0

Fonte: Autores.

Como resposta deste planejamento fatorial, foram realizadas medições de pH, condutividade elétrica, viscosidade, densidade específica, teste de centrifugação, materiais voláteis e resíduos secos, além das análises organolépticas como odor, aspecto e cor; procedimentos realizados para a verificação da estabilidade em cosméticos (Brasil, 2007). Por fim, os resultados foram analisados utilizando-se o software Statistica 10.0.

2.2 Parâmetros organolépticos

As características organolépticas foram determinadas macroscopicamente de acordo com o Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos (Brasil, 2007).

2.3 pH

A medição do pH das formulações foi realizada através da determinação potenciométrica utilizando-se o pHmetro digital de modelo CG 1800 da marca GEHAKA. Com o pHmetro previamente calibrado com as soluções-tampão de 4,01, 7,01 e 10,01, as medições foram realizadas em triplicata para cada formulação.

2.4 Condutiva elétrica

A determinação da condutividade das formulações foi realizada em triplicata para cada formulação utilizando-se um condutivímetro de bancada, modelo CG 1800 da marca GEHAKA, a temperatura ambiente, previamente calibrado com solução de KCl com condutividade de 1,413 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.5 Determinação da viscosidade

A viscosidade é uma variável que caracteriza reologicamente um sistema. A avaliação desse parâmetro ajuda a determinar se um produto apresenta a consistência ou fluidez apropriada e pode indicar se a estabilidade é adequada, ou seja, fornece indicação do comportamento do produto ao longo do tempo (Brasil, 2007).

Para esta determinação foi utilizado o aparelho Viscosímetro Rotativo Analógico – Q860A da marca Quimis. No tubo de amostras do equipamento foram introduzidos cerca de 20 a 25 mL das formulações. Dependendo da velocidade de rotação e do tipo de rotor utilizados, obtiveram-se valores para o coeficiente K, ao mesmo tempo em que se obtinham leituras no ponteiro de medição para o ângulo de deflexão (α). Assim sendo, utilizou-se a Equação 1 para se determinar a viscosidade absoluta (η) das amostras (Quimis, 2010).

$$\eta = \kappa \cdot \alpha \quad (\text{Equação 1})$$

2.6 Densidade específica

A densidade específica das formulações foi obtida através de medições com a utilização de picnômetros de vidro de 50 mL, a temperatura ambiente. Primeiramente, pesou-se o picnômetro e anotou-se seu peso (M_0). Depois encheu-se completamente com água destilada, evitando-se a formação de bolhas. Então, a parte externa do picnômetro foi cuidadosamente seca e o mesmo foi pesado novamente anotando seu peso (M_1), a água foi descartada e encheu-se completamente o picnômetro limpo e seco com as amostras, sempre evitando a formação de bolhas, este foi pesado mais uma vez e seu peso (M_2) foi anotado para cálculos posteriores. O cálculo foi baseado na Equação 2 onde d representa a densidade específica (Brasil, 2007):

$$d = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \quad (\text{Equação 2})$$

2.7 Materiais Voláteis e Resíduo Seco

Esta determinação foi realizada em triplicata para cada formulação. Primeiramente, obteve-se a massa inicial (m_i) realizando a pesagem de aproximadamente 1,0 g das amostras em vidros de relógio. As amostras foram submetidas ao aquecimento em estufa da marca Sterilifer, modelo SX 1.2 DTME, a 105 °C até que se atingisse peso constante. O vidro de relógio com o material resultante, conhecido como resíduo seco, foi pesado novamente para a obtenção da massa final (m_f). Os cálculos de materiais voláteis (MV) e de resíduo seco (RS) foram realizados conforme as Equações 3 e 4 (Moussavou e Dutra, 2012).

$$MV = \frac{M_i - M_f}{M_i} \cdot 100\% \quad (\text{Equação 3})$$

$$RS = \frac{M_f}{M_i} \cdot 100\% \quad (\text{Equação 4})$$

2.8 Teste de Centrifugação

Foram pesados cerca de 10 gramas das amostras em tubos para centrífuga. O equipamento utilizado foi a centrífuga de modelo Centrifuge Model 90-1. O ensaio de centrifugação foi realizado em duas réplicas para cada formulação nas seguintes condições: temperatura ambiente e rotações de 1.000, 2.500 e 3.500 rpm durante 30 minutos para cada valor de velocidade.

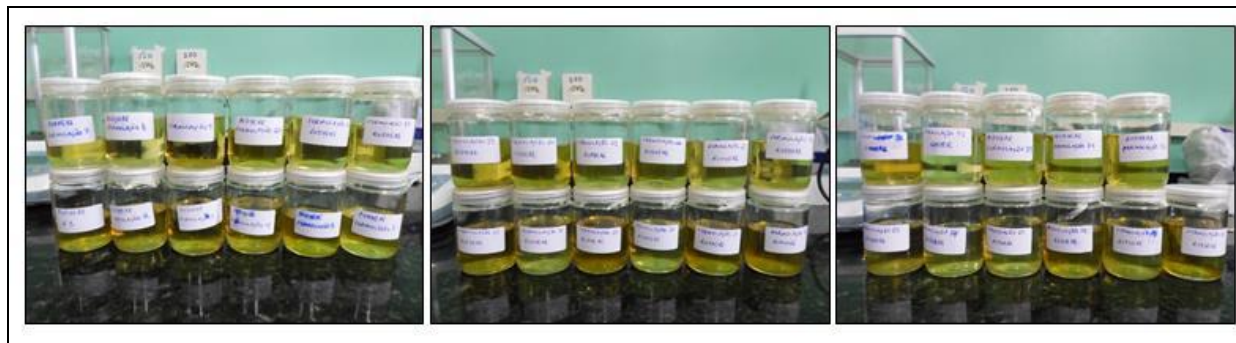
Após o teste, as amostras foram analisadas quanto ao aspecto e classificadas como: (IM) para intensamente modificada; (M) para modificada; (LM) para levemente modificada e (N) para normal, ou seja, sem alteração quanto ao aspecto.

3. Resultados e Discussão

3.1 Avaliação das propriedades organolépticas

Em geral, as formulações preparadas (Figura 1) apresentaram aspecto homogêneo, coloração que variou entre amarelo claro (para aquelas preparadas com o nível mais baixo de extrato) e amarelo escuro (para aquelas com o maior nível de extrato). A coloração apresentada foi o resultado proporcionado pela combinação dos extratos de andiroba e mulateiro. Por sua vez, o odor das formulações foi característico da essência utilizada.

Figura 1. Aspecto das formulações preparadas.



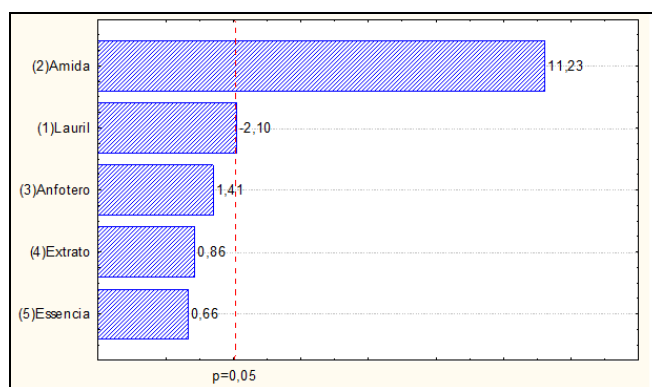
Fonte: Autores.

3.2 pH

Após a realização das medições potenciométricas em triplicata para as formulações determinadas no planejamento experimental, verifica-se que os valores de pH obtidos para as formulações mantiveram-se no intervalo que variou entre 6,82 e 7,94. Os resultados apresentaram-se divergentes da faixa compatível com o pH fisiológico da pele, que varia de 4,2 a 5,9, dependendo da área do corpo aferida (Korting & Braun-Falco, 1996). Preferencialmente, se busca utilizar produtos com pH ligeiramente ácido a fim de que a microbiota cutânea não sofra nenhuma interferência e estes produtos também são menos irritantes que os alcalinos (Korting et al., 1990).

De acordo com Soares (2013), para a obtenção do pH desejado em formulações cosméticas pode se fazer uso da adição de soluções de ácido cítrico ou ácido láctico, comumente utilizados para este fim. No trabalho desenvolvido por Pires et al. (2021), os pesquisadores utilizaram ácido cítrico para atingir o pH de interesse nas formulações elaboradas. Neste trabalho, porém, não foi utilizado este recurso com o intuito de se avaliar este parâmetro como resposta experimental, e assim verificar quais componentes apresentariam influência nesta resposta. Com a aplicação das respostas no planejamento fatorial se obtém o Gráfico de Pareto (Figura 2) que demonstra as variáveis com efeitos estatisticamente significantes em relação à resposta observada.

Figura 2. Gráfico de Pareto. Variáveis significativas para a resposta de pH.



Fonte: Autores.

A linha tracejada de cor vermelha na Figura 2 representa o nível de significância estatística igual a 5%. As variáveis cujos blocos ultrapassam esta linha são estatisticamente relevantes para a resposta. Portanto, observa-se que dentre as variáveis observadas, apenas duas apresentaram significância estatística relevante na determinação do pH das formulações, amida e lauril, sendo a amida é a variável com maior influência significativa para elevar o valor do pH das formulações.

Segundo Araújo (2011), o fato de a amida ter maior influência no pH das formulações, tornando-as mais alcalinas, deve-se ao par de elétrons livres do átomo de nitrogênio presente na estrutura química da dietanolamina de ácido graxo de coco. Eles estão dispostos a receber cátions H^+ , fazendo, portanto, que esta substância seja uma base de Lewis.

3.3 Condutividade elétrica

Com relação a este parâmetro observou-se valores na faixa de 36,40 e 69,97 $\mu S/cm$ para as formulações preparadas. Os resultados obtidos para a condutividade elétrica foram utilizados no planejamento fatorial para a obtenção do Gráfico de Pareto, no qual verificou-se que o fator mais significativo é o componente lauril.

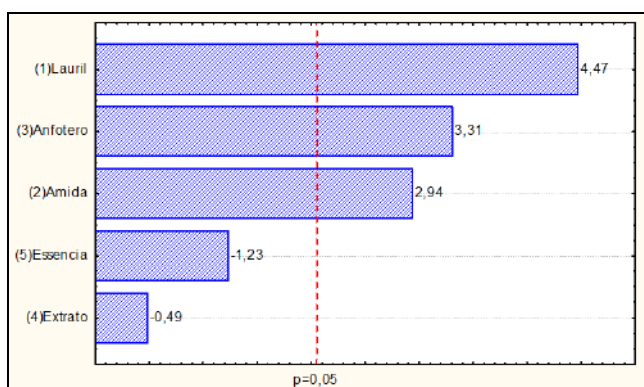
Segundo Swisher (1987), tensoativos aniônicos como lauril éter sulfato de sódio originam íons carregados negativamente quando dissociados em água. Os íons liberados pelo tensoativo influenciam no aumento da condutividade elétrica na solução. Diferentes íons variam nessa habilidade, mas em geral, a maior concentração de íons na água natural, corresponde à maior condutividade. Pode-se utilizar o parâmetro da condutividade elétrica para obter uma noção da quantidade de sais na amostra, uma vez que está diretamente ligada à quantidade de sólidos dissolvidos totais.

A determinação da condutividade elétrica das formulações é uma técnica muito utilizada para monitorar a estabilidade das emulsões, verificando a integridade da fase externa, visto que esta é dependente da natureza da fase externa da formulação (Latreille & Paquin, 1990). Através desse método é possível avaliar a variação no conteúdo de água livre no sistema emulsionado e, dessa maneira, identificar mudanças estruturais que possam ocorrer (Korhonen et al., 2001).

3.4 Viscosidade absoluta

Os resultados obtidos para a viscosidade absoluta variaram entre 14,10 e 26280,00 mPa.s. Eles foram utilizados no planejamento fatorial para a obtenção do Gráfico de Pareto (Figura 3) para a identificação das variáveis significativamente influentes na resposta.

Figura 3. Gráfico de Pareto: efeitos estatisticamente relevantes para a viscosidade absoluta.



Fonte: Autores.

Assim sendo, verifica-se que os fatores com maior influência estatística foram lauril, anfótero e amida, nesta ordem de significância. Por possuírem coeficiente positivo, compreende-se que o aumento da viscosidade absoluta é proporcional ao aumento da quantidade destes componentes.

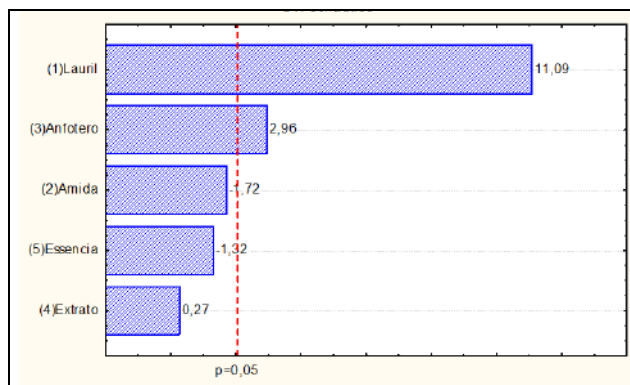
De acordo com Knothe e Steidley (2005), a viscosidade aumenta com o aumento da cadeia carbônica e com o aumento no grau de insaturação, sendo influenciado por ramificações e posicionamento das insaturações. Esta característica é observada nos componentes que apresentaram significância estatística neste planejamento fatorial para a resposta da viscosidade absoluta.

As forças intermoleculares comandam o grau de atração das moléculas e podem ser modificadas pela presença de grupos funcionais modificadores de conformação ou de polaridade das moléculas, aumentando ou diminuindo determinado tipo de interação intermolecular (Knothe & Steidley, 2005).

3.5 Densidade específica

Os valores obtidos para densidade específica ficaram bastante próximo entre as formulações, variando entre 1,0254 e 1,0450. Valores semelhantes para este parâmetro foram obtidos nos trabalhos desenvolvidos por Pires et. al. (2021), Rusdianto et. al. (2021), Nainggolan e Sinaga (2021), Lopes et. al. (2018), entre outros trabalhos possíveis de serem encontrados na literatura. Segundo o gráfico de Pareto (Figura 4), construído para analisar as contribuições das variáveis observadas neste trabalho, apenas lauril e anfótero mostraram-se componentes com relevância estatística neste parâmetro.

Figura 4. Gráfico de Pareto: efeitos estatisticamente relevantes para a densidade específica.



Fonte: Autores.

3.6 Materiais voláteis (MV) e resíduo seco (RS)

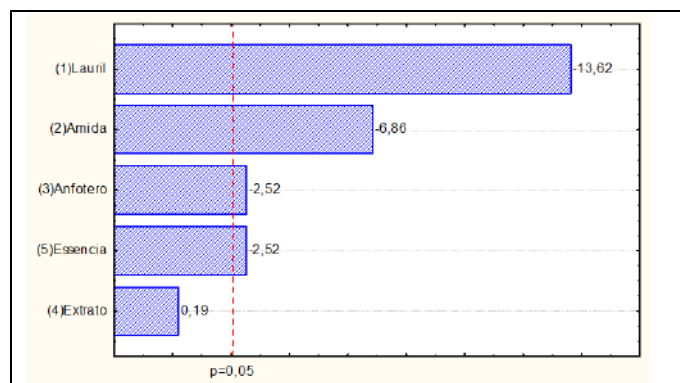
A análise dos parâmetros MV e RS geraram os gráficos de Pareto demonstrados na Figura 5, no qual observa-se que os componentes lauril, amida, anfótero e essência apresentaram relevância estatística em ambos os parâmetros. Os valores dessas medições são observados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores em porcentagens de MV e RS para as formulações preparadas no planejamento fatorial.

Formulação	RS (%) ± DP	MV (%) ± DP	Formulação	RS (%) ± DP	MV (%) ± DP
1	0,3097 ± 0,0039	0,6903 ± 0,0039	19	0,1824 ± 0,0022	0,8176 ± 0,0022
2	0,1744 ± 0,0016	0,8256 ± 0,0016	20	0,2140 ± 0,0014	0,7860 ± 0,0014
3	0,2084 ± 0,0051	0,7916 ± 0,0051	21	0,2825 ± 0,0042	0,7175 ± 0,0042
4	0,1897 ± 0,0009	0,8103 ± 0,0009	22	0,3151 ± 0,0013	0,6849 ± 0,0013
5	0,3214 ± 0,0017	0,6786 ± 0,0017	23	0,2770 ± 0,0041	0,7230 ± 0,0041
6	0,3119 ± 0,0030	0,6881 ± 0,0030	24	0,2666 ± 0,0016	0,7334 ± 0,0016
7	0,3201 ± 0,0020	0,6799 ± 0,0020	25	0,2760 ± 0,0009	0,7240 ± 0,0009
8	0,1853 ± 0,0041	0,8147 ± 0,0041	26	0,2206 ± 0,0011	0,7794 ± 0,0011
9	0,1644 ± 0,0027	0,8356 ± 0,0027	27	0,2054 ± 0,0041	0,7946 ± 0,0041
10	0,2301 ± 0,0035	0,7699 ± 0,0035	28	0,3229 ± 0,0023	0,6771 ± 0,0023
11	0,2701 ± 0,0108	0,7299 ± 0,0108	29	0,2675 ± 0,0001	0,7325 ± 0,0001
12	0,3031 ± 0,0031	0,6969 ± 0,0031	30	0,2061 ± 0,0035	0,7939 ± 0,0035
13	0,3122 ± 0,0581	0,6878 ± 0,0581	31	0,2848 ± 0,0021	0,7152 ± 0,0021
14	0,1871 ± 0,0034	0,8129 ± 0,0034	32	0,1692 ± 0,0014	0,8308 ± 0,0014
15	0,3478 ± 0,0019	0,6522 ± 0,0019	33	0,2380 ± 0,0008	0,7620 ± 0,0008
16	0,1646 ± 0,0012	0,8354 ± 0,0012	34	0,2390 ± 0,0028	0,7610 ± 0,0028
17	0,2661 ± 0,0024	0,7339 ± 0,0024	35	0,2345 ± 0,0011	0,7655 ± 0,0011
18	0,2671 ± 0,0019	0,7329 ± 0,0019			

Fonte: Autores.

Figura 5. Gráfico de Pareto: efeitos estatisticamente relevantes para MV e RS.



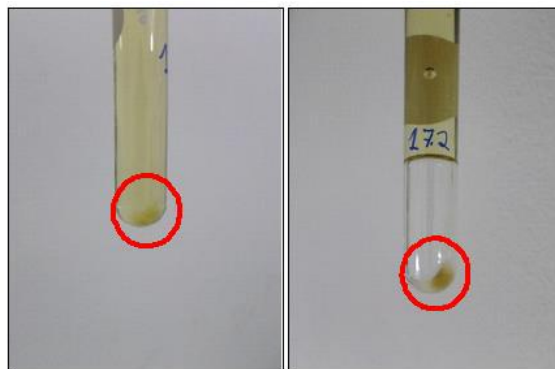
Fonte: Autores.

3.7 Teste de centrifugação

As amostras analisadas receberam classificações quanto às alterações que sofreram após a realização do teste: IM para intensamente modificada; M para modificada; LM para levemente modificada e N para normal, ou seja, sem alteração quanto ao aspecto.

Os resultados obtidos no teste de centrífuga demonstraram que as amostras não sofreram modificações significativas quanto ao seu aspecto. Das 35 formulações, apenas 13 demonstraram uma pequena alteração, portanto foram classificadas como LM (Figura 6). Tal circunstância deve-se, possivelmente, a sedimentação de substâncias insolúveis presentes nos extratos vegetais.

Figura 6. Modificação observada em algumas das amostras após o teste de centrifugação.



Fonte: Autores.

4. Conclusão

A partir das condições experimentais avaliadas neste trabalho, observou-se que a utilização de planejamento fatorial é uma ferramenta eficaz para o auxílio na elaboração de um sabonete líquido contendo extratos vegetais.

A proposta de se utilizar os extratos vegetais de mulateiro e andiroba simultaneamente tornou-se possível, tendo em vista que os parâmetros físico-químicos e organolépticos analisados permaneceram estáveis durante todo o processo de formulação, havendo compatibilidade química entre os componentes da formulação. No entanto, ainda se faz necessário a realização de outros estudos, como teste de eficácia, para se comprovar devidamente a ação dermatológica deste produto.

Outro ponto importante foi a observação das variáveis que possuem maiores influências significativas em determinadas características físico-químicas. O componente lauril foi significativo para as seguintes respostas: pH, condutividade elétrica, viscosidade, densidade e resíduo seco. O componente amida foi significativo para pH, viscosidade e resíduo seco. O componente anfótero foi significativo para viscosidade, densidade e resíduo seco. Por sua vez, a essência foi significativa apenas para a resposta de resíduo seco. Por fim, o extrato nas formulações não possui significância estatística nas respostas obtidas.

Portanto, conclui-se que o planejamento experimental estatístico é uma ferramenta com grande possibilidade de ser utilizada na elaboração de produtos cosméticos.

Por fim, é necessário evidenciar as perspectivas futuras para a continuidade deste trabalho, as quais são: i) realizar outras análises para averiguar a estabilidade das formulações (índice de espuma, ciclo gela desgela e estabilidade no frasco de armazenamento, por exemplo); ii) aplicar a técnica de planejamento fatorial para o desenvolvimento de outras formulações cosméticas que contenham matérias-primas amazônicas, e, com isto, contribuir com a possibilidade de agregar maior valor aos produtos da região.

Agradecimentos

Ao Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) pelo apoio e infraestrutura.

Referências

- Araújo, R. G. R. de. (2011). Aspectos tecnológicos da síntese de carbonato de glicerila e a avaliação de algumas de suas propriedades físico-químicas. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.
- Bezerra, K. G.; Rufino, O. R. D.; Luna, J. M.; & Sarubbo, L. A. (2018). Saponins and microbial biosurfactants: Potential raw materials for the formulation of cosmetics. *Biotechnol. Prog.* 34, 1482–1493.
- Brasil. (2004). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia de estabilidade de produtos cosméticos. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-estabilidade-de-cosmeticos.pdf/view>
- Brasil. (2007). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos. Anvisa. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf/view>
- Brasil. (2011). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Anvisa. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/formulario-fitoterapico>
- Cherubim, D. J. de L.; Martins, C. V. B.; Fariña, L. O.; Lucca, R. A. da S. de. (2020). Polyphenols as Natural Antioxidants in Cosmetics Applications. *J. Cosmet. Dermatol.*, 19, 33–37.
- Dookie, R.; Garcia, A.; Silva, E.; Nunez, C.; Silva, W.; & Espinar, M. F. (2021). Estudo fitoquímico e ação antimicrobiana de *Calycophyllum spruceanum* (Mulateiro)/ Phytochemical study and antimicrobial action of *Calycophyllum spruceanum* (Mulateiro). *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 53676–53688.
- Frickmann, F. S. S.; & Vasconcellos, A. G. (2011). Research and Patent of Phytotherapeutic and Phytocosmetic Products in the Brazilian Amazon. *Technol. Manag Innov.* 6 (4), 136-150.
- Knothe, G.; & Steidley, K. R. (2005). Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. *Fuel*, 84, 1059.
- Korhonen, M.; Hellen, L.; Hirvonen, J.; & Yliruusi, J. (2001). Rheological properties of creams with four different surfactant combinations – effect of storage time and conditions. *International Journal of Pharmaceutics*, 221, 187-296.
- Korting, H. C.; & Braun-Falco, O. (1996). The effect of detergents on skin pH and its consequences. *Clinical Dermatology*. 14:23-37.
- Korting, H. C.; Hubner, K.; Greiner, K.; Hamm, G. & Braun-Falco, O. (1990). Differences in the skin surface pH and bacterial microflora due to the long-term application of synthetic detergent preparations of pH 5,5 and pH 7,0. *Acta Dermato Venereologica*. 14:101-114.
- Latreille, B.; & Paquin, P. (1990). Evaluation of emulsion stability by centrifugation with conductivity measurements. *Journal of Food Science*, 55(6), 1666-1668.
- Lopes, A. C.; Moraes, A.; Oliveira, A. F. R.; Guimarães, B. P.; Oliveira, C. F.; Betim, F. C. M.; Martinez, A. L.; & Bobek, V. B. (2018). Análise Físico-Química Comparativa de Sabonetes Líquidos. *Visão Acadêmica*, Curitiba, 19(2).
- Marinho, V. M. C. (2004). Como as empresas brasileiras de cosméticos estão utilizando o conhecimento tradicional e as plantas medicinais. XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares. Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, 22640-000, Rio de Janeiro-RJ.
- Minto, L. F.; Vieira, G. V.; Viríssimo, E. M.; & Miranda, M. M. (2020). Desenvolvimento de Sabonete Líquido Antisséptico à Base de Óleos Essenciais de *Melaleuca alternifolia*, *Schinus terebinthifolius* e *Rosmarinus officinalis*. *Cadernos Camilliani, Cachoeiro de Itapemirim – ES*, 17(4), 2338-2354.
- Monteiro, F. R. B.; Tavares, R. C. de M.; & Vasconcelos, T. C. L. de. (2020). Desenvolvimento de forma semissólida contendo blenda de polímeros com caféina e extrato de semente de uva aplicando planejamento fatorial. *Brazilian Journal of Development*, 6 (7), 47777–47790.
- Montgomery, D. C.; & Runger, G. C. (2009). Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Tradução e revisão técnica: Veronica Calado – Rio de Janeiro: LTC.
- Moussavou, U. P. A.; & Dutra, V. C. (2012). Dossiê Técnico: Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos. Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro – REDETEC.
- Nainggolan, M.; & Sinaga, A. G. S. (2021). The Modification of Red Palm Oil and Palm Kernel Oil as Antibacterial Liquid Soap. *Rasayan J. Chem.*, 14(1), 36-40.
- Paiva, P. C. B. (2019). O Uso dos Extratos Vegetais da Caatinga e da Amazônia para Produção de Fitocosméticos. Dissertação (Mestrado). Programa Regional de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente- UFPB/PRODEMA João Pessoa.
- Pires, V. R.; Pires, F. A. R.; Lopes, E. M. S.; Aguiar, V. G.; Cavalcante, O. S. S.; Oliveira, E. S.; Dourado, R. C. M.; & Moraes, A. C. L. N. (2021). Desenvolvimento de um sabonete líquido a partir do extrato da casca do fruto da pitomba (*Talisia esculenta*). *Research, Society and Development*, 10(15), e325101522791.
- Prodanov, C. C.; & Freitas, E. C. (2013). Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico (2a ed.). Feevale.
- QUIMIS Aparelhos Científicos LTDA. (2010). Manual de Instruções: Viscosímetro Rotativo Analógico Q860A.
- Ribeiro, C. D. B.; Costa, P. A. da; Lima, S. R. V. de; & Silva, M. T. da. (2021). O uso medicinal de *Carapa guianensis* Abul. (Andiroba). *Research, Society and Development*, 10(15), e391101522815.

Rusdianto, A. S.; Yulianti, A.; Suwasono, S.; & Wiyono, A. E. (2021). The Characteristics of Liquid Soap with Additional Variations of Moringa Seed Extract (*Moringa oleifera* L.). *International Journal on Food, Agriculture, and Natural Resources*, 02(3), 5-11.

Silva, E. P. A.; Santos, L. J. L.; & Vasconcelos, T. C. L. (2021). Desenvolvimento de Formulação Semi-Sólida Contendo Extrato de *Stryphnodendron barbatiman* Aplicando Planejamento Fatorial. *Revista Thêma et Scientia*, 11(1), 87-106.

Soares, M. P. M. (2013). Avaliação da eficiência de sabonetes com triclosan sobre suspensões bacterianas de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* aplicadas sobre a superfícies das mãos de voluntários. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Swisher, R. D. (1987). *Surfactant Biodegradation*, (2nd ed.) Marcel Dekker Editor.