

## **Produção de nanopartículas a base do heteropolissacarídeo da goma de cajueiro (*Anacardium Occidentale L.*) e a aplicação em cosméticos.**

**Autores:** Ana Clara Fernandes Sousa, Ana Lucia Teixeira de Carvalho Zampieri, Maurício Vicente Cruz

**Instituições:** Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Instituto Federal de Goiás e Universidade Federal de Goiás

**Resumo:** O presente estudo avaliou a possibilidade de produzir um nanossistema constituído de heteropolissacarídeo da goma do cajueiro (PEJU) acetilado contendo Vitamina E aprisionada, além da viabilidade da sua incorporação em uma formulação cosmética do tipo sérum. A produção do nanossistema foi de grande sucesso, sendo que apresentou aspecto branco leitoso com reflexos azulados, que condiz com o diâmetro obtido de 323 nm ( $\pm 0,01$ ), alto grau de homogeneidade entre as partículas índice de polidispersão (PDI) 0,158 ( $\pm 0,01$ ), seu potencial Zeta foi de -32,6 ( $\pm 0,01$ ), que predispõe ao nanossistema maior estabilidade físico-química. Além disso, apresentou boa performance após centrifugação por 15 min a 1500 rpm, e discreta variação no valor do pH no dia da confecção do nanossistema ( $4,96 \pm 0,2$ ) e 15 dias após ( $4,67 \pm 0,2$ ). A eficiência de encapsulação foi de 96% ( $\pm 0,5$ ), indicando que o PEJU foi uma excelente alternativa para a produção do nanossistema, tendo em vista seu desempenho, sua característica inovadora e eco-friendly, apreciada nas tendências atuais do mercado de cosméticos. A incorporação em formulação cosmética do tipo sérum teve bons resultados visto que no teste de triagem da estabilidade o pH teve média de 3,91 ( $\pm 0,2$ ), a densidade teve média de  $1,058 \times 10^3 \text{sg}$  e a viscosidade média foi de 9,13 mPa.s ( $\pm 0,71$ ), o que demonstrou boa estabilidade, não apresentando incorporação de ar na formulação e não há presença de grumos.

**Palavras chave:** Cosméticos, Nanopartícula, Sérum.

**Abstract:** The present study evaluated the possibility of producing a nanosystem consisting of acetylated cashew tree gum heteropolysaccharide (PEJU) containing trapped Vitamin E, in addition to the feasibility of incorporating it into a

serum-type cosmetic formulation. The production of the nanosystem was very successful, with a milky white appearance with bluish reflections, which matches the obtained diameter of 323 nm ( $\pm 0.01$ ), a high degree of homogeneity between the particles, polydispersity index (PDI) 0.158 ( $\pm 0.01$ ), its Zeta potential was -32.6 ( $\pm 0.01$ ), which predisposes the nanosystem to greater physical-chemical stability. Furthermore, it showed good performance after centrifugation for 15 min at 1500 rpm, and slight variation in the pH value on the day the nanosystem was made ( $4.96 \pm 0.2$ ) and 15 days later ( $4.67 \pm 0.2$ ). The encapsulation efficiency was 96% ( $\pm 0.5$ ), indicating that PEJU was an excellent alternative for the production of the nanosystem, given its performance, innovative and eco-friendly characteristics, appreciated in current market trends. cosmetics. The incorporation into a serum-type cosmetic formulation had good results since in the stability screening test the pH had an average of 3.91 ( $\pm 0.2$ ), the density had an average of  $1.058 \times 10^3 \text{sg}$  and the average viscosity was 9.13 mPa.s ( $\pm 0.71$ ), which demonstrated good stability, with no incorporation of air into the formulation and no presence of lumps.

**Keywords:** Cosmetics, Nanoparticle, Serum.

## 1. Introdução

O mercado consumidor de cosméticos é motivado pelas tendências mundiais, entre elas a diminuição dos testes em animais, o uso de matérias recicláveis em embalagens, uso de materiais cuja extração gere menor dano ao meio ambiente e a minimização do uso de plásticos. Em particular, a minimização do uso de plásticos tem ganhado destaque no mercado cosmético, visto que a indústria cosmética é uma grande produtora deste e seu descarte tem se consolidado como um problema ambiental para o planeta (ABIHPEC, 2020).

O plástico é utilizado na indústria cosmética não só nas embalagens, mas também como componente em formulações, tais como os microplásticos. Uma forma de evitar o uso de microplásticos foi optar por ingredientes naturais, como exemplo a troca de microplásticos em esfoliantes por sementes trituradas (MARCOS et al, 2020). Com o plástico em evidência, o mercado brasileiro começa a buscar alternativas que englobem produtos naturais provenientes de

métodos de extração sustentáveis. Com isso, o cajueiro se torna uma opção interessante, pois seu exsudato gomoso, retirado do tronco, já foi estudado como uma alternativa de filme plástico biodegradável com potencialidades para a substituição do plástico convencional (CRUZ et al, 2019).

Além da vertente eco-friendly da indústria cosmética, outro segmento tem se mostrado cada vez mais imponente no mercado: a nanotecnologia. Ela utiliza estruturas nanométricas para alcançar as camadas mais profundas da pele, além de aumentar a estabilização de substâncias e permitir a liberação controlada de ativos (GARVIL et al, 2013). As nanopartículas de caráter lipídico quando aplicadas topicamente formam uma película oclusiva, devido suas propriedades adesivas, e com isso, promovem a absorção de ativos e impedem a perda de água da pele para o ambiente, aumentando assim a hidratação e a elasticidade da pele (EIRAS, 2016).

Outra característica importante das nanopartículas lipofílicas é a sua capacidade de aprisionar ativos oleosos/gordurosos. Neste contexto, a vitamina E é uma lipo-vitamina que tem características importantes para a saúde da pele que favorecem seu uso em cosméticos, como sua ação antioxidante, a proteção contra radicais livres e sua capacidade absorptiva da radiação ultravioleta (UV). Estas características contribuem para o retardar o envelhecimento da pele (DIAS, 2008). As formulações contendo vitamina E nanoencapsulada tem sua biodisponibilidade aumentada e com isso atinge as camadas mais profundas da pele.

A produção de nanopartículas para encapsulação de ativos gordurosos usando biopolímeros tem sido estudada com alternativa atraente nos últimos anos. As gomas são constituídas de heteropolissacarídeos de alta biocompatibilidade com a pele e conferem viscosidade, estabilidade e emulsificação de soluções (MORADI e ANARJAN, 2019). Dentre as gomas mais estudadas destaca-se a goma obtida do exsudato do tronco do cajueiro, da qual é possível obter o heteropolissacarídeo da goma do cajueiro (PEJU).

O exsudato do cajueiro contém um heteropolissacarídeo gomoso (PEJU) com composição química muito similar à da goma arábica, sendo um dos poucos polissacarídeos que podem ser utilizados em substituição da goma arábica nas

mais diversas formulações. O PEJU é um biopolímero natural e versátil, seu uso em blendas mescladas com outros polímeros tem se destacado na liberação controlada de fármacos e na produção de nanopartículas (ALBUQUERQUE et al, 2016). Alguns trabalhos mostraram que a modificação química do PEJU por acetilação converte este biopolímero em um material anfipático, com excelente capacidade para atuar em interfaces hidrofílica/hidrofóbica (PITOMBEIRA et al, 2015). Mais ainda, o PEJU acetilado se mostrou bastante eficiente para a liberação transdérmica de diclofenaco de sódio, uma droga sabidamente hidrofóbica. O uso do PEJU acetilado para a nanoencapsulação de diclofenaco apresentou alta eficiência de aprisionamento e liberação, sem qualquer indício de citotoxicidade e excelente biocompatibilidade (DIAS et al, 2016).

A vitamina E apresenta elevada atividade antioxidante para a pele, promovendo o retardo do envelhecimento precoce e a proteção contra danos ao DNA, ou seja, sua principal ação biológica é bloquear as reações que ocorrem durante o processo de oxidação lipídica, preservando a membrana celular (PENTEADO, 2003). Para exercer sua atividade cosmeceutica é preciso que a vitamina E penetre nos extratos mais profundos da pele, protegendo as células e a matriz extracelular. No entanto a maioria das formulações cosméticas que este ativo aparece não é possível penetrar nos extratos mais profundos devido a barreira cutânea. Para contornar essas restrições uma variedade de nanomateriais têm sido desenvolvidos, sua aplicação tem potencial para regular a distribuição dos cosmeceuticos com a formação de um filme fino, junto com a liberação mais precisa do ativo na pele. Assim, nanocosméticos oferecem maior biocompatibilidade, estabilidade e efeito prolongado, além de melhorar a sua distribuição dos ativos (MOHD-SETAPAR, 2022).

Dentre as formulações cosméticas o sérum tem se destacado nos últimos anos por apresentar alta concentração de ativos, ter uma fórmula mais líquida, o que permite que seus ingredientes alcancem as camadas mais internas da pele e promovam o fortalecimento da barreira cutânea, usualmente eles têm aspecto não oleoso e são de rápida absorção (BUDIASIH, 2021). Sérums faciais são produtos multifuncionais compostos de diferentes ativos de diversas funcionalidades, apresentam sensorial agradável e podem apresentar ativos

hidrofílicos e lipofílicos, podem apresentar viscosidade variada sem perder o poder de rápida absorção (BOTELHO et al, 2023).

Com base no exposto, e levando em conta as tendências do mercado de cosméticos, este estudo teve o objetivo produzir um nanosistema a base de PEJU acetilado contendo Vitamina E incorporados em uma formulação cosmética do tipo sérum.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1. Materiais**

As substâncias utilizadas foram polissacarídeo de cajueiro (PEJU) e PEJU acetilado, isolados e sintetizados no Laboratório de Química de Polímeros da Universidade Federal de Goiás; vitamina E, obtida por doação do laboratório de Farmacotécnica da Universidade Estadual de Goiás; acetona PA; álcool etílico 99,5%; água destilada; hexano; glicerina; polietilenoglicol; polissorbato 20 (tween 20); essência de caju hidrossolúvel.

### **2.2. Equipamentos**

Foram empregados os equipamentos espectrofotômetro; ZetaSizer Nano; pHmetro digital; balança analítica; centrífuga; agitador magnético tipo vórtex; Speed Vácuo; refratômetro; viscosímetro rotativo. As vidrarias e utensílios foram, seringa de 10 mL; agulha de 0,7x25 mm; suporte universal; garra; funil de separação; béquer; erlenmeyer; micropipetadores (10-100 uL e 100-1000 uL); tubos de ensaio; tubo falcon.

### **2.3. Produção das nanopartículas**

As nanopartículas foram preparadas pelo método de deposição interfacial de polímero pré-formado (nanoprecipitação) adaptado de Ahmad (2018). 10 mL de uma solução de fase orgânica constituída de 0,05 g de PEJU acetilado disperso em 10 mL acetona P.A. foi misturada a 10 mL de uma solução alcóolica contendo 0,1 g de vitamina E. Essa mistura foi transferida para uma seringa e gotejada sob 20 mL de água destilada em agitação constante a 25 °C. Ao fim do gotejamento o sistema contendo as nanopartículas foi fechado e mantido sob agitação constante por 30 min a 25 °C. Após esse tempo a solução de nanopartículas foi transferida para um tubo falcon e foi posicionada dentro do

speed vácuo na função concentrador e modo Vacuum-High Vapor V-HV por 120 min a temperatura de 30 °C. As nanopartículas contendo a vitamina E aprisionada foi nominada NPs-VitE. Para os ensaios de controle, foram preparadas nanopartículas conforme descrito acima sem a adição de vitamina E, que foram denominadas NPs-Vazia.

As nanopartículas foram avaliadas imediatamente após sua produção, a partir dos parâmetros de aspecto, tamanho e distribuição de tamanho, resistência a centrifugação e pH.

#### **2.4. Eficiência de Encapsulação**

Para a determinação da eficiência de encapsulação, as NPs-VitE e NPs-Vazia foram transferidas cada uma para um funil de separação e adicionados 20 mL de hexano P.A. Após a homogeneização separou-se a fase aquosa da fase orgânica. A concentração de vitamina E contida na fase orgânica foi determinada por leitura espectrofotométrica UV-Vis a 249 nm. O cálculo da porcentagem de eficiência de encapsulação (EE) foi feito de acordo com a equação 1.

$$EE = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

Eq 1.

Onde,

EE é a porcentagem de eficiência de encapsulação da vitamina E (%);

$C_i$  é a concentração inicial de vitamina E quantificada na solução de aprisionamento ( $\mu\text{g/mL}$ );

$C_f$  é a concentração de vitamina E quantificada na fase orgânica após a separação de fases ( $\mu\text{g/mL}$ ).

#### **2.5. Caracterização da nanopartícula**

No quesito aspecto o nanosistema foi avaliado quanto a homogeneidade, coloração, limpidez, resíduos, formação de precipitado e separação de fases, translucidez e reflexo azulado (BRASIL, ANVISA, 2004). O tamanho e distribuição de tamanho das partículas foi realizado utilizando o equipamento ZetaSizer Nano, empregando a técnica não destrutiva de espalhamento de luz, que permite a análise da distribuição e medida do tamanho médio das partículas (DYNAMIC LIGHT SCATTERING, 2008). A resistência à centrifugação foi determinada mediante a verificação da ocorrência ou não de separação de fases após a centrifugação do nanosistema a 1000, 2500 e 3500 rpm a 25 °C durante 15 min. O potencial hidrogeniônico (pH) das nanopartículas dispersas em nanosistema aquoso foi medido em um pHmetro digital, por introdução do eletrodo no nanosistema a 25 °C.

## **2.6. Produção da Formulação cosmética e teste de triagem da estabilidade da formulação**

A formulação cosmética foi preparada de acordo com a Quadro 1, a formulação foi feita para um volume total de 120 mL e a 25 °C. Para o seu preparo inicialmente o PEJU foi adicionado à água destilada sob agitação magnética para sua dispersão, após isso juntou-se o polietilenoglicol, o polissorbato 20 e a glicerina, sempre aguardando a dispersão do ingrediente anterior para adição do próximo. Após isso foi retirado uma pequena quantidade da solução para a ressuspensão das nanopartículas liofilizadas, depois da homogeneização as NPs-VitE foram adicionadas a formulação sob agitação para total incorporação, por fim foi adicionado a fragrância de caju e a formulação foi armazenada em vidro transparente hermeticamente fechado e armazenado sob refrigeração (4 °C).

<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade (%)</b>
Glicerina	7,5
PEJU	10
Polietilenoglicol	10
Polissorbato 20 (Tween 20)	7,5

NPs-VitE liofilizadas	0,5
Essência de Caju	0,1
H <sub>2</sub> O destilada	64,4

Quadro 1: Formulação cosmética.

Após o preparo da formulação, foi dado início ao teste de triagem da estabilidade. Conforme preconizado pela ANVISA (2004), este teste teve duração de 10 dias e consistiu na avaliação das características organolépticas (aspecto, cor e odor) e das características físico-químicas (pH, densidade relativa e viscosidade). Além disso, a formulação foi submetida à diferentes temperaturas de armazenamento durante este teste, em ciclos de 24 h entre geladeira ( $-5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ), estufa ( $\pm 45^{\circ}\text{C}$ ) e temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ).

O pH foi medido através de pHmetro digital, com a formulação em temperatura ambiente e após a ressuspensão do corpo de fundo. Já o teste de densidade relativa foi feito usando um refratômetro ótico, onde foi retirada uma alíquota da formulação (40  $\mu\text{L}$ ) e diluída em 80 $\mu\text{L}$  de água destilada. Para os testes de viscosidade utilizou-se um viscosímetro rotacional usando o spindle n<sup>o</sup> 1 que é indicada para líquidos de baixa viscosidade; a leitura da viscosidade foi realizada após 3 rotações do viscosímetro.

### **3. Resultados**

#### **3.1. Método de preparação das nanopartículas**

Ao final do preparo foram obtidas duas preparações contendo nanopartículas, uma delas denominada Nanopartículas-Vitamina E (NPs-VitE), cujo nanossistema se apresentou com aspecto branco leitoso com reflexo azulado e a outra nomeada Nanopartículas-Vazia (NPs-Vazia) que apresentou aspecto transparente levemente turvo com reflexo azulado, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: Nanosistemas recém preparados: a esquerda frasco contendo nanosistema NPs-VitE e a direita frasco contendo nanosistema NPs-Vazia.

Outro resultado importante na produção das nanopartículas foi a eficiência de encapsulação da vitamina E. A eficiência na encapsulação foi estimada de acordo com a Eq 1. Os resultados apontaram uma eficiência de aprisionamento de 96% ( $\pm 0,5$ ) na NPs-VitE.

### 3.2. Caracterização da nanopartícula

#### 3.2.1. Aspecto

As NPs-VitE apresentaram aspecto branco leitoso com reflexo azulado, homogêneo, sem formação de precipitado ou separação de fases imediatamente após a produção e o aspecto se manteve o mesmo após deixar a nanosistema em repouso na bancada durante 24 h.

As NPs-Vazias apresentaram aspecto transparente levemente turvo com reflexo azulado homogêneo, sem formação de precipitado ou separação de fases imediatamente após a produção e o aspecto se manteve o mesmo após deixar a nanosistema em repouso na bancada durante 24 h.

### 3.2.2. Tamanho e distribuição de tamanho das partículas

A eficiência da produção das partículas em escala nanométrica foi confirmada pela análise de potencial Zeta que revelou tamanho médio de 323,6 ( $\pm 0,01$ ) para as NPs-VitE e 154,7( $\pm 0,01$ ) para as NPs-Vazia. Além disso, a eficiência de produção de nanopartículas foi confirmada pelo alto grau de homogeneidade obtido, uma vez que o valor de PDI da preparação NPs-VitE foi de 0,158 ( $\pm 0,01$ ) e para NPs-Vazia de 0,138 ( $\pm 0,01$ ). Foi constatado que as partículas apresentam a carga de -32,6 ( $\pm 0,01$ ) para NPs-VitE e carga de -31,9( $\pm 0,01$ ) NPs-vazia, como pode ser observado na Quadro 2.

	<b>PDI</b>	<b>Diâmetro (nm)</b>	<b>Potencial Zeta (mV)</b>
<b>NPs-VitE</b>	0,158 ( $\pm 0,01$ )	323,6 ( $\pm 0,01$ )	-32,6 ( $\pm 0,01$ )
<b>NPs-Vazia</b>	0,138 ( $\pm 0,01$ )	154,7( $\pm 0,01$ )	-31,9( $\pm 0,01$ )

Quadro 2: Índice de Polidispersibilidade, Diâmetro e Potencial Zeta das nanopartículas constituintes dos nanosistemas produzidos.

### 3.2.3. Resistência a centrifugação

Nos testes de centrifugação, as respostas obtidas foram a ausência de formação de precipitado quando centrifugado por 15 min a 1000rpm. Já após 15 min a 2500 rpm houve presença de corpo de fundo de baixa compactação e o corpo de fundo se repetiu a após 15 min a 3500 rpm, novamente de baixa compactação.

### 3.2.4. Potencial hidrogeniônico

A medição de pH do nanosistema produziram uma média de 4,96 ( $\pm 0,2$ ) na triplicata e após 15 dias apresentou pH médio de 4,67 ( $\pm 0,2$ ).

## 3.3. Formulação cosmética e teste de triagem de estabilidade da formulação

Após a formulação cosmética ser produzida e armazenada realizou-se os testes de triagem da estabilidade, nestes testes foram observadas as características organolépticas e as físico-químicas.

Para as características organolépticas não houve alteração de coloração, aspecto e odor, além da sensação ao toque, que se manteve igual, como pode ser observado na Figura 2.

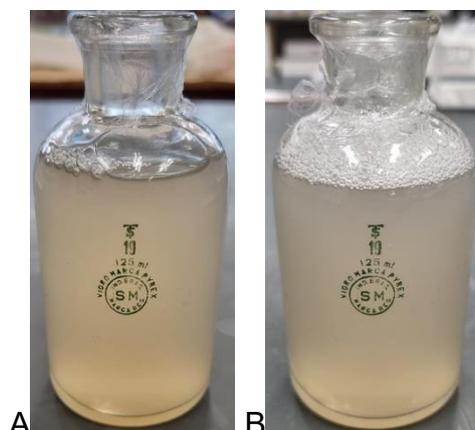


Figura 2: Formulação cosmética: (A) formulação no dia 1 e (B) formulação no dia 10.

Também foi observado que após a formulação ficar 24 h em repouso formou-se corpo de fundo, que é facilmente ressuspendida ao ser agitada, como pode ser observado na Figura 3.



Figura 3: Formulação cosmética após 24 h de repouso com presença de corpo de fundo.

Para as características físico-químicas foram realizados os testes de pH, densidade relativa e viscosidade. Os dados de pH e densidade relativa se mantiveram constantes como pode ser observado na Figura 4.

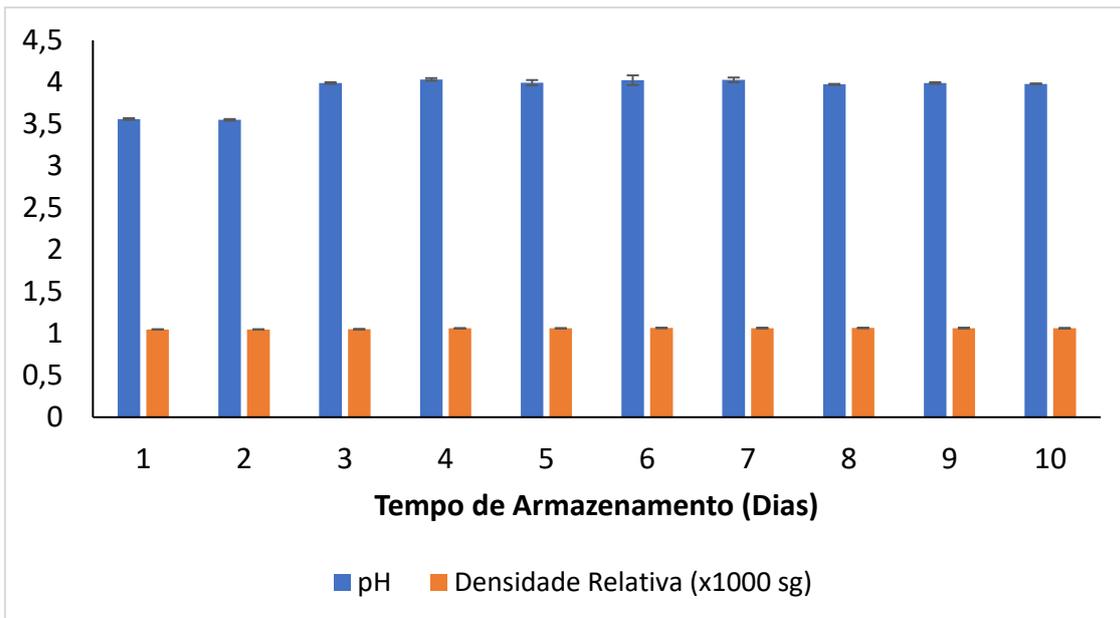


Figura 4: Teste de triagem da estabilidade da formulação cosmética quanto ao pH e densidade relativa.

No teste de viscosidade verificou-se a manutenção da viscosidade com valores médios em torno de 9,13 Mpa.s como pode ser observado na Figura 5.

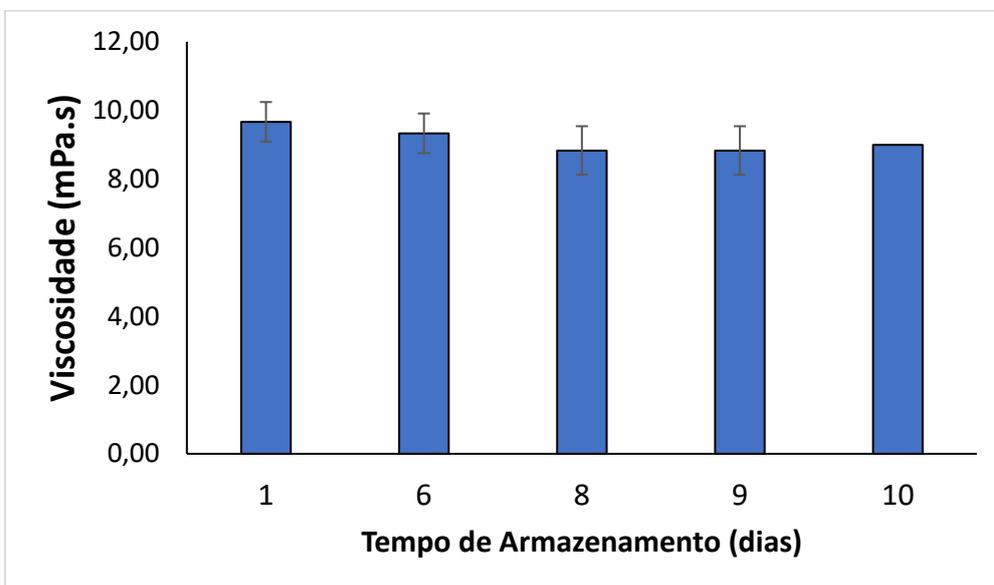


Figura 5: Teste de triagem da estabilidade da formulação cosmética quanto a viscosidade.

#### 4. Discussão

A produção de nanopartículas de PEJU acetilado teve como objetivo combinar as propriedades químicas e estruturais desse polímero, ou seja, utilizar as hidroxilas presentes nos açúcares/monômeros para a reação de acetilação e utilizar a capacidade desse material em se reorganizar no recobrimento da micela da vitamina E, formando assim uma estrutura micelar nanométrica (DIAS et al, 2016).

As partículas foram caracterizadas de acordo com os critérios de aspecto, tamanho e distribuição de tamanho das partículas, resistência à centrifugação, potencial hidrogeniônico e cálculo da eficiência de encapsulação.

No critério aspecto observou-se que o nanosistema NPs-VitE apresentou um aparência branca leitosa com reflexo azulado, já o nanosistema NPs-Vazia apresentou aspecto transparente levemente turvo com reflexo azulado, a diferença na aparência reflete a natureza da substância encapsulada, bem como no tamanho da nanopartícula formada (PEREIRA, 2008), como ficou evidenciado pelas medidas obtidas no Zeta-sizer, o diâmetro médio da NPs-VitE foi de 323,6 nm ( $\pm 0,01$ ), enquanto as NPs-Vazia apresentaram diâmetro médio de 154,7 nm ( $\pm 0,01$ ). Essa diferença no diâmetro médio das nanopartículas reflete a maior complexidade da nanopartícula contendo a Vitamina E aprisionada. A presença do ativo no interior da nanopartícula aumenta o seu volume interno refletindo diretamente em um maior diâmetro médio para a nanopartícula. Segundo Mohd-Setapar et al (2022), o tamanho de nanopartículas para incorporação em cosméticos é de até 200 nm, permitindo que os ativos penetrem na pele, mas não atinjam a corrente sanguínea.

As NPs foram avaliadas quanto a distribuição de tamanho das partículas (PDI - Polydispersity Index). O PDI é uma medida que descreve o grau de não-uniformidade da distribuição do tamanho da partícula, com isso quanto maior o valor de PDI maior a não-uniformidade de populações de partículas; a média de valor obtido para NPs-VitE foi de 0,158 ( $\pm 0,01$ ), já para as NPs-Vazia foi de 0,138 ( $\pm 0,01$ ), segundo Lemarchand (2003) valores abaixo de 0,3 indicam uma distribuição homogênea do tamanho das partículas.

Em relação à análise de carga, o potencial Zeta fornece uma medida da carga em volta da partícula, de acordo com Cano-Sarmiento et al (2018), partículas que apresentam valor de potencial Zeta menor que -10mV são instáveis e podem agregar-se; a carga medida nas NPs-VitE e nas NPs-Vazia foram respectivamente -32,6 mV ( $\pm 0,01$ ) e -31,9 mV ( $\pm 0,01$ ) o que significa que essas partículas deverão repelir-se e, portanto, não - formarão agregados.

O teste de centrifugação simula o período de validade desestabilizando o produto pela aplicação da força gravitacional, é reconhecido que o tempo de prateleira em condições normais de armazenamento pode ser previsto pela separação de fase, uma vez que a força gravitacional aplicada em uma emulsão força a coalescência das partículas e a separação de fases. Assim sendo, o teste de centrifugação mostrou que as soluções NPs-VitE apresentaram estabilidade média, visto que não houve alteração no sistema após 15 min a 1000rpm, já a partir de 15 min a 2500rpm ou 3500rpm houve presença de corpo de fundo de baixa compactação (PEREIRA, 2008).

Em relação ao critério de potencial hidrogeniônico, pode-se afirmar que ele é de suma importância para avaliar a estabilidade de um produto, visto que as alterações no valor podem indicar a ocorrência de reações químicas ou crescimento bacteriano. No que diz respeito as emulsões, a diminuição do valor de pH pode ser decorrente da hidrólise dos ésteres de ácidos graxos, que formam ácidos graxos livres. Para as NPs-VitE o valor médio de pH ( $\pm 0,2$ ) foi de 4,96 após a fabricação e valor após 15 dias foi de 4,67 ( $\pm 0,2$ ) (PEREIRA, 2008).

A eficiência de encapsulação determina a capacidade do material da fase externa de manter micelas do ativo em seu interior. De acordo com Ahmad (2018) a eficiência de encapsulação também depende de outros fatores como a escolha da reação, o processo de síntese, tamanho da partícula e concentração de material na face interna da partícula. No presente estudo, as NPS-VitE apresentaram eficiência de encapsulação de 96% ( $\pm 0,5$ ), evidenciando que a matriz de PEJU acetilado foi uma excelente escolha para produção do nanosistema. De acordo com He (2018), a alta eficiência de encapsulação da vitamina E se dá devido à sua propriedade oleosa/gordurosa que faz com que ela permaneça na face interna da nanocápsula. Em seu estudo, He (2018) utilizou o rebaudiosídeo e oleato de sódio (NaOI) como agentes de encapsulação

da vitamina E, e obteve 98,14% ( $\pm 0.37$ ), o que comprova que o PEJU é uma ótima alternativa para a produção de nanosistemas contendo vitamina E.

A formulação cosmética é um tipo de formulação que tem ganhado espaço no mercado, por conter alta concentração de ativos e por sua textura ser leve, e de rápida absorção, sendo uma opção para mercados de países com clima tropical, tal como o Brasil (BELFORT et al, 2023). Após a produção da formulação avaliou-se que sua textura, cor e odor ficaram agradáveis ao uso e permaneceram estáveis durante os 10 dias de análises. Seu aspecto se manteve com coloração esbranquiçada e turvo, formando corpo de fundo após 24 h de repouso independente da temperatura a qual foi submetida. Apesar da presença do corpo de fundo ao realizar leve agitação ele é ressuspendido e já fica pronto para uso. A adição de fragrância foi feita para promover uma melhor usabilidade do consumidor final, visto que a fragrância só permanece na pele enquanto a mesma ainda está umedecida (BUDIASIH, 2021).

O teste de triagem da estabilidade foi realizado durante 10 dias fazendo a medição de pH, densidade relativa e viscosidade de acordo com o Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos da ANVISA (2004). Os testes fornecem indicações sobre como o produto pode se comportar em um intervalo de tempo no mercado, submetendo-o a diferentes condições ambientais. As medidas de pH foram realizadas diariamente e se manteve próximo de 4,00. Segundo Budiasih (2021) o pH de formulações como sérum devem estar ente 4 e 6, visto que o pH da pele é levemente ácido.

A densidade é um importante parâmetro para o controle de qualidade, sendo ele a relação entre a massa e o volume, além disso a análise da densidade permite a verificação de incorporação de ar no produto além da formação de grumos das nanopartículas presentes na formulação, o menor valor de densidade obtido foi de  $1,048 \times 10^3$  sg e o maior foi de  $1,065 \times 10^3$  sg, tendo uma média de  $1,058 \times 10^3$  sg, com isso podemos observar que a densidade se manteve estável com leve variação e sem formação de grumos (SANTOS et al, 2021).

O estudo da viscosidade em viscosímetro rotacional é determinado pela força necessária para vencer a resistência de um material fluído. Para o teste de

viscosidade foi obtido valores entre 8,83 e 9,67 mPa.s e uma média de 9,13 mPa.s, sendo assim o s erum formulado neste trabalho apresentou baixa viscosidade e boa estabilidade ap os os 10 dias de triagem (VIEIRA E ALMEIDA, 2023).

## 5. Conclusão

O presente estudo analisou a possibilidade de produzir um nanossistema onde o PEJU acetilado foi o agente de interface entre a vitamina E o meio externo aquoso. Como p ode ser observado, a produ o do nanossistema foi de grande sucesso, visto que o sistema contendo a NPs-VitE apresentou aspecto branco leitoso com reflexo azulado, que   compatível com o diâmetro da nanop rticula presente no nanossistema (323,6 nm  $\pm 0,01$ ). O sistema contendo a NPs-VitE apresentou alto grau de homogeneidade na distribui o de tamanho das partículas, com PDI de 0,158 ( $\pm 0,01$ ). Apresentou também potencial Zeta de -32,6 mV ( $\pm 0,01$ ), que favorece a estabilidade do sistema em fun o da repulsão entre as partículas carregadas negativamente em sua superfície. Além disso apresentou estabilidade ap os centrifuga o a 1500 rpm, s  apresentando presença de corpo de fundo de baixa compacta o em velocidade acima de 2500 rpm. Adicionalmente, o potencial hidrogeniônico também apresentou discreta varia o entre o valor obtido no dia da produ o (4,96  $\pm 0,2$ ) e o valor obtido ap os 15 dias da produ o (4,67  $\pm 0,2$ ). Adicionalmente, o resultado obtido para a eficiência de encapsula o foi de 96% ( $\pm 0,5$ ) ressaltando que PEJU foi uma excelente escolha para a produ o do nanossistema, n  só pela sua performance, mas também pelo seu aspecto inovador e *eco-friendly* que   apreciado pelos consumidores de cosméticos. A formula o realizada neste trabalho buscou apresentar característica leve e de fácil incorpora o da nanop rticula produzida, em seu estudo de triagem de estabilidade p de se observar que ela se manteve estável durante os 10 dias de análise apresentando média de pH de 3,91 valor próximo ao da pele humana (4,00-6,00), densidade relativa média de  $1,058 \times 10^3$  sg demonstrando que n  houve incorpora o de ar na formula o e n  houve presença de grumos. Para a viscosidade apresentou média de 9,13 mPa.s ( $\pm 0,71$ ) demonstrando boa estabilidade e baixa

viscosidade. Sendo assim foi possível observar que o nanossistema produzido possui elevado potencial para incorporação em formulações cosméticas.

## 6. Referências Bibliográficas

1. ABIHPEC, A Indústria De Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos - Essencial Para O Brasil, setembro de 2023.
2. ABIHPEC, Caderno De Tendências – Higiene Pessoal, Perfumaria E Cosméticos, 2019-2020
3. AHMAD, M. MUDGIL, P., GANI, A., HAMED, F., MASOODI, F. A., MAQSOOD, S., Nano encapsulation of catechin in starch nanoparticles: Characterization; release behavior and bioactivity retention during in-vitro digestion, Food Chemistry, 2018.
4. BELFORT, M. G. S., CHAVES, J. A., SANTOS, F. D. R. P., LUCENA, V. B., FERNANDES, T. F., GONÇALVES, M. A. L., E DE AZEVEDO, S. A., Análise Microbiológica Em Formulação Cosmética De Um Sérum A Base Do Óleo De Buriti (*Mauritia Flexuosa*) Para Uso Geriátrico, Revista Foco, 16(3), e1232.
5. BOTELHO, T. G., CINTRA, L. M., PANICOLO, M. C., MORAES, V. F., PEREIRA, M. D., REBELO, M. A., Serum Facial Contendo Bio Ativos Hidratantes E Antienvhecimento Facial, Intellectus Revista Acadêmica Digital, Vol 71 N.º1 Ano 2023.
6. BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA; GUIA DE ESTABILIDADE DE PRODUTOS COSMÉTICOS, 2004, vol. 1, Maio, disponível em <http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/series/cosmeticos.pdf>, acessada em Novembro 2023.
7. BUDIASIH S., MASYITAH I., JIYAUDDIN K., KALEEMULLAH M., SAMER A. D., MOHD FADLI A.1,2 AND EDDY Y., Formulation and Characterization of Cosmetic Serum Containing Argan Oil as Moisturizing Agent, BROMO 2018 - Bromo Conference, Symposium on Natural Products and Biodiversity, 2018.
8. CANO-SARMIENTO C., TÉLLEZ-MEDINA D.I., VIVEROS-CONTRERAS R., CORNEJO-MAZÓN, M., FIGUEROA-HERNANDÉZ, Y., GÁRCIA-

- ARMENTA, E., ALAMILLA-BELTRÁN, L., GARCÍA, H. S., GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. F., Zeta Potential of Food Matrices, *Food Engineering Reviews*, vol. 10, pág.113–138, 2018.
9. CRUZ, M. V., PEREIRA-JUNIOR, M. A., BATISTA, K. A., FERNANDES, K. F., Use of Statistical Design Strategies to Produce Biodegradable And Eco-Friendly Films From Cashew Gum Polysaccharide and Polyvinyl Alcohol, *Materials*, vol. 12, pag.1149, 2019.
10. DIAS, A. M. P. S. P., *Nutrição e a Pele*, Monografia, Universidade do Porto, Porto, pág. 10, 2008.
11. DIAS, S. F. L., NOGUEIRA, S. S., DOURADO, F. F., GUIMARÃES, M. A., PITOMBEIRA, N. A. O., GOBBO, G. G., PRIMO, F. L., PAULA, R. C. M., FEITOSA, J. P. A., TEDESCO, A. C., NUNES, L. C. C., LEITE, J. R. S. A., SILVA, D. A., Acetylated cashew gum-based nanoparticles for transdermal delivery of diclofenac diethyl amine, *Carbohydrate Polymers*, vol. 143, pág. 254-261, 2016.
12. EIRAS, F. R. L., *Desenvolvimento, Caracterização e Avaliação da Biocompatibilidade e do Potencial Irritativo de Formulações Cosméticas à Base de Nanopartículas Lipídicas*, Dissertação de Mestrado – Universidade do Porto, Porto, pág. 16-17, setembro 2016.
13. HE, J., SHI, H., HUANG, S.S HAN, L., ZHANG, W., ZHONG, Q., Core-Shell Nanoencapsulation of  $\alpha$ -Tocopherol by Blending Sodium Oleate and Rebaudioside A: Preparation, Characterization, and Antioxidant Activity, *Molecules*, vol. 23, 2018.
14. LEMARCHAND, C., COUVREUR, P., VAUTHIER, C., COSTANTINI, D., GREF, R., Study of emulsion stabilization by graft copolymers using the optical analyzer Turbiscan, *International Journal of Pharmaceutics* vol.254, pág.77-82, 2003.
15. MARCOS, H.M.F., FAVARO, L.I.L., HARADA, L. K., TUBINO, M., YOSHIDA, V. M. H., BALCÃO, V. M., VILA, M.M.D.C., *Desenvolvimento e Avaliação da Estabilidade Físico-Química de Formulações Cosméticas Utilizando os Frutos da Palmeira Jussara (*Euterpe Edulis Martius*): Shampoo Matizante e Creme Esfoliante*, *Biopharmaceutical Science/Ciências Biofarmacêuticas, Biomed Biopharm Res.*, vol. 17(1), pág. 102-118, 2020.

16. MOHD-SETAPAR, S. H., JOHN, C. P., MOHD-NASIR, H., AHMAD, M.M.A.A., ALSHAMMARI, M.B., Application of Nanotechnology Incorporated with Natural Ingredients in Natural Cosmetics, *Cosmetics*, vol. 9, pág 110, 2022.
17. MORADI, S., ANARJAN, N., Preparation and characterization of a-tocopherol nanocapsules based on gum Arabic-stabilized nanoemulsions, *Food Sci Biotechnol*, vol. 28, pág. 413-421, 2019.
18. NADIA A.O. PITOMBEIRA, JOSÉ GUILHERME VERAS NETO, DURCILENE A. SILVA, JUDITH P.A. FEITOSA, HAROLDO C.B. PAULA, REGINA C.M. DE PAULA, Self-assembled nanoparticles of acetylated cashew gum: Characterization and evaluation as potential drug carrier. *Carbohydrate Polymers*, vol. 117, pág.610–615, 2015.
19. PENTEADO, Marilene de Vuono Cargo. Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos. São Paulo: Manole, 2003.
20. PEREIRA, G. G., Obtenção de nanoemulsões O/A à base de semente de uva e oliva aditivadas e metoxicinamato de octila e estudo do potencial antioxidante e fotoprotetor das emulsões, Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, pág. 33-75, 2008.
21. SANTOS, F. D. R. P., BELFORT, M. G. S., LECENA, V. B., CHAVES, J. A., Características Físico-Químicas De Um Sêrum Desenvolvido À Base Do Óleo De Buriti (*Mauritia Flexuosa*) Para Pele Idosa, *Revista Enfermagem Atual In Derme* v. 95, n. 33, 2021.
22. VIEIRA, L. G. S., ALMEIDA, L. C. K., Desenvolvimento de um sêrum facial multifuncional, *Revista Perquirere*, vol. 20, n. 1: 91-106, 2023.