

## Efeito de diferentes concentrações de leite de cabra em pó na reologia do leite de cabra reconstituído

Effect of different concentrations of powdered goat milk on the rheology of reconstituted goat milk

Efecto de diferentes concentraciones de leche en polvo de cabra sobre la reología de la leche de cabra reconstituida

Recebido: 27/12/2021 | Revisado: 01/01/2022 | Aceito: 07/01/2022 | Publicado: 10/01/2022

### Viviane Brasileiro de Holanda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9798-8497>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [vivianebrasileiro2@hotmail.com](mailto:vivianebrasileiro2@hotmail.com)

### Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti-Mata

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6919-207X>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [mcavalcantimata@gmail.com](mailto:mcavalcantimata@gmail.com)

### Adriana Celina Barbosa Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2030-8160>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [adriana-2008shalom@hotmail.com](mailto:adriana-2008shalom@hotmail.com)

### Hugo Miguel Lisboa Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4722-0364>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [hugom.lisboa80@gmail.com](mailto:hugom.lisboa80@gmail.com)

### Maria Elita Martins Duarte

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3831-7201>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [melitamd@gmail.com](mailto:melitamd@gmail.com)

### Alexandre da Silva Lúcio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3113-5317>  
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
E-mail: [alexandre01lucio@gmail.com](mailto:alexandre01lucio@gmail.com)

### Resumo

O presente estudo teve como intuito observar o comportamento reológico do leite de cabra em variadas concentrações (20, 25, 30, 35 e 40%), avaliando posteriormente qual concentração é mais adequada para o processo de secagem do leite. Observou-se que em todas as concentrações do leite, as tensões de cisalhamento são baixas e aumentam quando a taxa de deformação também aumenta. Tal comportamento é típico de um fluido não newtoniano. Esse fato ocorre principalmente na concentração de 40%, que é a que possui maior viscosidade. É notório que uma concentração maior necessita de uma maior tensão para iniciar o escoamento, visto que a tensão inicial de cisalhamento é em função da concentração. Foi observado também que o leite mais concentrado, terá o escoamento nas bombas do processo de secagem mais difícil, necessitando de maior energia para deslocar-se. Observou-se que os três modelos de ajuste analisados, Bingham, Ostwald-waelw e Herschel-Buckley podem ser utilizados para o produto em questão, pois todos alcançaram  $R^2$  excelentes, acima de 0,99, sendo o de Ostwald-waele o que apresentou resultados ainda melhores. O índice de fluxo ( $n$ ), no modelo de Ostwald-waele, não apresentou grandes variações entre as concentrações, oscilando de 1,295 a 1,469, contudo, sempre superior a 1, o que indica que o fluido é considerado como dilatante. Percebeu-se também que com o aumento da concentração ocorre um distanciamento dos valores de  $n$  da unidade, desviando-se do ideal.

**Palavras-chave:** Leite de cabra; Concentrações; Propriedades reológicas.

### Abstract

The present study aimed to observe the rheological behavior of goat milk at different concentrations (20, 25, 30, 35 and 40%), subsequently evaluating which concentration is most suitable for the milk drying process. It was observed that at all milk concentrations, the shear stresses are low and increase when the strain rate also increases. Such behavior is typical of a non-Newtonian fluid. This fact occurs mainly at the 40% concentration, which is the one with the highest viscosity. It is clear that a higher concentration requires a higher stress to initiate the flow, since the initial shear stress is a function of the concentration. It was also observed that the more concentrated milk will have the flow in the pumps of the drying process more difficult, requiring more energy to travel. It was observed that the three adjustment models analyzed, Bingham, Ostwald-waelw and Herschel-Buckley can be used for the product in question,

as they all reached excellent  $R^2$ , above 0.99, with Ostwald-waele being the one that presented even better results. The flow index ( $n$ ), in the Ostwald-waele model, did not show large variations between concentrations, ranging from 1.295 to 1.469, however, always higher than 1, which indicates that the fluid is considered to be dilating. It was also noticed that with the increase in concentration, there is a distancing of the values of  $n$  from the unit, deviating from the ideal.

**Keywords:** Goat milk; Concentrations; Rheological properties.

### Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo observar el comportamiento reológico de la leche de cabra a diferentes concentraciones (20, 25, 30, 35 y 40%), evaluando posteriormente qué concentración es la más adecuada para el proceso de secado de la leche. Se observó que en todas las concentraciones de leche, los esfuerzos cortantes son bajos y aumentan cuando también aumenta la velocidad de deformación. Tal comportamiento es típico de un fluido no newtoniano. Este hecho ocurre principalmente a la concentración del 40%, que es la de mayor viscosidad. Está claro que una concentración más alta necesita un esfuerzo mayor para iniciar el flujo, ya que el esfuerzo cortante inicial es una función de la concentración. También se observó que la leche más concentrada tendrá el flujo en las bombas del proceso de secado más difícil, requiriendo más energía para viajar. Se observó que los tres modelos de ajuste analizados, Bingham, Ostwald-waelw y Herschel-Buckley pueden ser utilizados para el producto en cuestión, ya que todos alcanzaron una excelente  $R^2$ , por encima de 0,99, siendo Ostwald-waele el que presentó mejores resultados. . El índice de flujo ( $n$ ), en el modelo de Ostwald-waele, no mostró grandes variaciones entre concentraciones, oscilando entre 1.295 y 1.469, sin embargo, siempre superior a 1, lo que indica que se considera que el líquido se está dilatando. También se advirtió que con el aumento de concentración, se produce un distanciamiento de los valores de  $n$  de la unidad, desviándose del ideal.

**Palabras clave:** Leche de cabra; Concentraciones; Propiedades reológicas.

## 1. Introdução

O leite caprino é um alimento que traz muitos benefícios para a saúde humana, visto que contém vários elementos importantes como proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e sais minerais. Possui também características de hipoalergenicidade e digestibilidade intestinal da gordura, o que beneficia as funções fisiológicas e nutricionais, principalmente de crianças e idosos, além de facilitar o consumo por pessoas que possuem alergia a outro tipo de leite (Souza et al., 2019).

Alimentos fáceis de perecer possuem uma vida útil curta devendo ser armazenado em baixas temperaturas. Uma alternativa para eliminar esse processo oneroso de refrigeração, evitando a contaminação por bactérias indesejadas, além de facilitar o armazenamento é o processamento do produto em pó (Rizqiati et al., 2021). Para produção do alimento em pó é necessário um método de secagem que consiste na remoção da maior parte da umidade presente no produto. É o método de preservação de alimentos mais antigo, em que a remoção da umidade evita o crescimento e reprodução de microrganismo deteriorante (Chaudhary et al., 2020, Santos et al., 2020). Barros et al. (2019) afirmam que o teor de água elevado, somado a uma atividade de água ( $a_w$ ) também elevada, afetam diretamente a estabilidade do produto o que possibilita a contaminação.

Na indústria alimentícia, de modo geral, é de grande valia o estudo do comportamento reológico pois ajuda a compreender melhor a organização estrutural dos alimentos, conseqüentemente, ajudando na otimização do processo produtivo, influenciando diretamente o dimensionamento de bombas e tubulações adequadas para cada tipo de alimento, evitando erros no desenvolvimento de produtos e dos processos produtivos (Almeida et al., 2020). Além disso, o conhecimento das propriedades reológicas e compreensão do comportamento dos alimentos são fundamentais para a geração de novos produtos.

De acordo com os estudos reológicos, existem dois materiais ideais que são o sólido elástico e o líquido viscoso. Os sólidos ideais se deformam elasticamente e a energia requerida para tal deformação é recuperada posteriormente, quando a tensão é removida, e o sólido retoma o seu formato original. Com os fluidos, no entanto essa deformação não é reversível, dissipando a energia empregada, sob a forma de calor, não sendo recuperada com a retirada da tensão (Júnio oliveira & Ciseski., 2019). No estudo da reologia dos líquidos, o atributo mais importante é a viscosidade, já que tal propriedade física dos fluidos caracteriza a resistência do líquido ao escoamento (Feitosa et al., 2018).

No estudo reológico é necessário estabelecer a relação quantitativa entre deformação e tensão ao longo do tempo, do material estudado, assim como as relações do comportamento reológico de um material e sua estrutura de composição e condições ambientais como temperatura e pressão (Menezes, 2018). O fluido, quando submetido a forças externas se deforma em maior ou menor proporção. As forças que atuam nesses fluidos são representadas matematicamente por cisalhamento ou tensão de cisalhamento ( $t$ ) e a resposta dinâmica do fluido é quantificada pela velocidade ou taxa de deformação ou cisalhamento ( $y$ ) (Gómez, 2021). A modelagem matemática permite estabelecer equações matemáticas que podem explicar e nos ajudar a compreender fenômenos da natureza, através desses modelos é possível estimar a parâmetros relacionados a reologia dos produtos.

O alimento, durante seu processo, pode ter grandes diferenças comportamentais. A consistência e a composição do mesmo podem ser alteradas devido as etapas de mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração, etc, ocorrendo também a modificação da viscosidade, que é uma propriedade do fluido que não pode ser medida diretamente. A força, o torque e a rotação que o fluido está submetido é que fornecem tal informação. Com o leite e com os produtos lácteos também ocorre variações no comportamento reológico que vai depender da composição, microestrutura e condições de processamento. Em alguns casos o leite tem um comportamento newtoniano, porém o leite concentrado já apresenta um comportamento não newtoniano. Já a manteiga e o leite condensado têm comportamento viscoelástico enquanto que o iogurte e sorvete apresentam comportamento tixotrópico (que depende do tempo) (Silva, 2014).

Para o processo de desidratação ou secagem do leite, esse conhecimento também se apresenta de maneira essencial, visto que conhecer o comportamento reológico do produto ajuda na otimização do processo, interferindo também no dimensionamento de bombas e tubulações. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo estudar o comportamento do leite de cabra em variadas concentrações com o intuito de verificar qual se apresenta mais interessante para o processo de secagem do leite, ou seja, o processo de produção do leite em pó.

## 2. Metodologia

Para o experimento reológico foi utilizado o leite em pó de cabra da marca Capry's, adquiridos em supermercados da cidade de Campina Grande - PB. O produto em pó foi reconstituído em 5 concentrações distintas (20%, 25%, 30%, 35% e 40%), sendo produzidas amostras de 500 ml para cada concentração. Para que a reconstituição do produto ocorresse de maneira satisfatória o pó foi inicialmente misturado em uma pequena quantidade de água e posteriormente adicionado o restante. Essa mistura foi constantemente agitada até que todo o produto fosse diluído e ficasse homogêneo. Trata-se de uma pesquisa quantitativa por se tratar da coleta de dados numéricos através de medições de grandezas em suas respectivas unidades, utilizando-se metodologias específicas (Pereira et al., 2018).

O equipamento utilizado para a obtenção dos dados foi um viscosímetro Brookfield, modelo DV-II +Pro (Brookfield Engineering Laboratories Inc., MA, EUA) em temperatura ambiente ( $25 \pm 1$  °C).

O experimento foi realizado em triplicata, com o Spindle nº2, o qual se adequou melhor a amostra, visto que os valores de torque se situaram acima de 15%. Utilizou-se o sistema Searle, em que só o cilindro interno (spindle) sofre rotação e o externo fica em repouso (FELIPPE et al. 2016). A metodologia de análise foi realizada de acordo com Lima et al. (2018) com modificação, as velocidades de rotação do spindle utilizadas foram: 50, 60, 70, 80, 90, 100, 105, 120, 135, 140, 150, 160, 180, 200 rpm, posteriormente a velocidade foi decrescida de 200 até os 50 rpm iniciais, sendo coletado um total de 29 pontos (ascendente e descendente). Entre uma leitura e outra, ou seja, quando o aparelho muda de velocidade a amostra repousou cerca de 30 segundos, que é o recomendado para considerar o resultado gerado, já que antes desse tempo, pode ocorrer oscilações consideráveis. Os dados coletados pelo equipamento (viscosidade e torque), serviram de base para a obtenção das medidas reológicas (tensão de cisalhamento e taxa de deformação) guiado pela metodologia de Mitschka, 1982.

O programa computacional escolhido para implantação dos dados gerados foi o Microsoft Excel para a aplicação do método de Mitschka. Posteriormente a esse tratamento, os valores de viscosidade, taxa de deformação e tensão de cisalhamento foram modelados no Statistica 12, aplicando à análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, responsável pela obtenção das curvas de fluxo e viscosidade que foram obtidos pelas determinações da tensão e da viscosidade em função da taxa de cisalhamento respectivamente. Os resultados foram ajustados aos modelos matemáticos de Bingham (Eq.1), Ostwald-Waele (Lei da Potência) (Eq.2) e Herschel-Buckley (Eq.3), tanto para a curva de fluxo, como para a de viscosidade, descritos respectivamente nas equações abaixo:

$$\tau = \tau_0 + K_B \gamma \quad (\text{Eq.1})$$

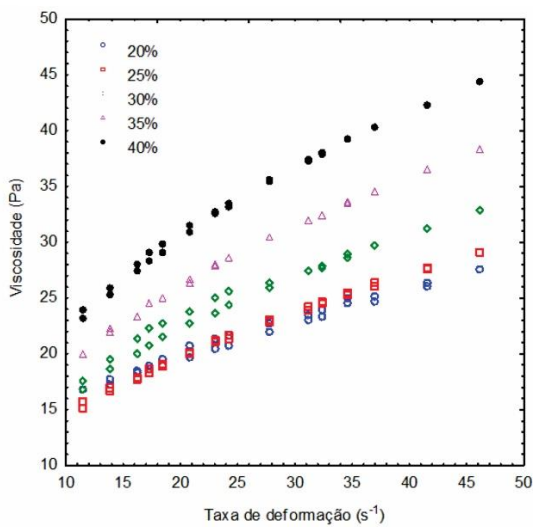
$$\tau = K \gamma^n \quad (\text{Eq.2})$$

$$\tau = \tau_0 + K \gamma^n \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:  $\tau$  = tensão de cisalhamento (Pa); K = índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>); n = índice de comportamento (adimensional);  $\gamma$  = Taxa de deformação (s<sup>-1</sup>); K<sub>B</sub> = viscosidade plástica;  $\tau_0$  = limite de escoamento

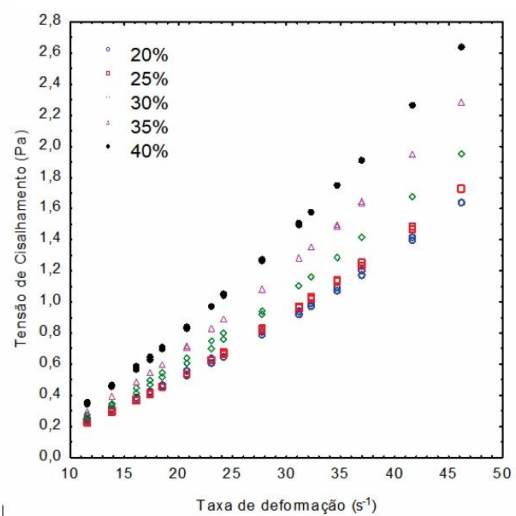
### 3. Resultados e Discussão

**Figura 1** – Relação entre Viscosidade (Pa) e a taxa de deformação (s<sup>-1</sup>), para as concentrações de 20, 25, 30, 35 e 40%.



Fonte: Autores.

**Figura 2** – Relação entre tensão de cisalhamento e a taxa de deformação (s<sup>-1</sup>), para as concentrações de 20, 25, 30, 35 e 40%.



Fonte: Autores.

Nas Figuras (1 e 2) verificamos as curvas de tensão de cisalhamento e viscosidade em função da taxa de deformação, para 5 concentrações distintas do leite de cabra (20, 25, 30, 35 e 40%). Nas duas curvas, os dados foram obtidos em triplicata, ou seja, os pontos no gráfico representam as médias calculadas.

As curvas da viscosidade nos mostram que a viscosidade é notoriamente maior na amostra de maior concentração (40%) e cresce à medida que a taxa de deformação é aumentada, chegando a 45 Pa. Como já era esperado, a curva que obteve a menor viscosidade foi a de 20%, com 25 Pa. Porém, no início, a mesma, começou com valor maior do que a da amostra de 25%, apresentando uma queda em sua viscosidade ao atingir 20 s<sup>-1</sup> de taxa de deformação, comportando-se como o esperado.

A curva da amostra de concentração de 30%, apresentou uma leve histerese, em um curto espaço de tempo, nada muito relevante.

Silva (2017) obteve resultado diferentes ao encontrado nesse trabalho. Notaram que a viscosidade das amostras diminuiu com o aumento da taxa de deformação, o que indicou o comportamento de um fluido não-newtoniano.

A curva de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação (Figura 2), também conhecida como curvas de escoamento ou reogramas, nos mostra que a tensão de cisalhamento, em todas as concentrações, aumenta quando a taxa de deformação também aumenta. Esse aumento ocorre principalmente na amostra de maior concentração de leite (40%), justamente por ser mais viscoso que os demais, já a amostra de 20% é a que possui menor aumento da tensão de cisalhamento x taxa de deformação, obtendo valor máximo em 1,4 Pa, enquanto que a amostra de 40% chega a aproximadamente 2,7Pa de tensão de cisalhamento a uma taxa de deformação praticamente igual entre as duas amostras (47 s<sup>-1</sup>). Esse comportamento é indicativo de um fluido não newtoniano.

Sérgio (2016) observou em seu estudo de leite de cabra fermentado, em algumas amostras adicionadas de inulina (Probióticos) que a tensão de cisalhamento crescia com o aumento da taxa de deformação, porém em um nível bem menos acelerado, um crescimento mais discreto do que o leite sem adição de insulina (controle).

**Tabela 1-** Média dos parâmetros reológicos ajustados pelos modelos matemáticos nas diferentes concentrações do leite de Cabra.

Con.	Bingham				Ostwald-waele				Herschel-Bulkley				
	$\tau_0$	KB	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajust.	Kow	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajust.	$\tau_0$	Khb	n	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajust.
20%	0,26	0,039	99,36	99,257	0,008	1,370	99,88	99,864	0,096	0,011	1,388	99,970	99,961
25%	0,333	0,042	99,33	99,218	0,006	1,455	99,98	99,984	0,006	0,006	1,459	99,990	99,987
30%	0,325	0,049	99,32	99,210	0,010	1,409	99,86	99,840	0,013	0,009	1,414	99,863	99,826
35%	0,446	0,060	99,33	99,218	0,009	1,464	99,99	99,988	0,009	0,009	1,461	99,990	99,987
40%	0,491	0,068	99,42	99,331	0,011	1,434	99,98	99,984	0,030	0,011	1,425	99,990	99,987

Fonte: Autores.

## Analizando separadamente cada modelo temos:

### Modelo de Bingham

O Modelo de Bingham pode ser utilizado para modelar os dados reológicos desse produto, por apresentar R<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> ajustado elevado, acima de 99%, para todas as concentrações, apresentando diferença irrisória entre elas. Esse valor elevado do R<sup>2</sup> nos aponta que os modelos testados possuem bons ajustes aos dados experimentais, nos indicando que podem ser utilizados para estimar os dados reológicos das concentrações do leite de cabra. Bezerra (2010) em seu trabalho com iogurte obtido pela mistura de leite caprino e bubalino, quando o utilizou o modelo de Bingham, apresentou resultados satisfatórios para a maior parte dos tipos de iogurte, com R<sup>2</sup> acima de 90. Porém um dos tipos, apresentou R<sup>2</sup> baixo 0,58%, não se mostrando ideal para o trabalho com iogurte.

Ao analisarmos a tensão inicial ( $\tau_0$ ), percebemos que houve um aumento desse parâmetro a medida que crescia a concentração do produto, ou seja o comportamento entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação foi de forma linear, o que já é esperado, visto que tal modelo é uma equação também linear. A tensão inicial variou entre 0,220 (concentração de 20%) e 0,517 Pa (concentração de 40%), o que indica que uma maior quantidade de sólidos aumenta a tensão inicial de cisalhamento, podendo estar relacionado a uma maior densidade de ligações secundárias entre os componentes do leite que

aumenta proporcionalmente a concentrações de sólidos. De acordo com Sousa et al. (2017), tensão de cisalhamento é finita, sendo fundamental para que o fluido comece a escoar. Resumidamente podemos concluir que o produto com maior concentração de sólidos aumenta a inércia para o escoamento do fluido.

Observando o índice de consistência ( $k$ ), que indica o grau de resistência do fluido diante do escoamento, percebeu-se que em todos os modelos, foi detectado um acréscimo ao aumentar a concentração do produto, no entanto, apresentou valores baixos o que nos mostra que se trata de um líquido de baixa consistência. Vidal Martins et al. (2005), em seu estudo de leite UAT/UHT1, observou que o índice de consistência ( $K$ ) também aumentou, porém, tinha como parâmetro principal o tempo e não a concentração como é o caso do presente trabalho.

### **Modelo de Ostwald – de – Waele**

O modelo de Ostwald – de – Waele busca mostrar o comportamento do fluido quando for aplicado uma força a um determinado fluxo. O coeficiente de determinação também apresentou valores elevados, o que ofereceu uma adequação ideal aos dados,  $R^2 > 99\%$ , assim como o  $R^2$  ajustado superior a 99%, o que indica também um ajuste perfeito como falado anteriormente. Os valores do  $R^2$  do estudo de Sergio (2016), que trabalhou com leite de cabra fermentado adicionado ou não com inulina também foi bastante elevado, todos acima de 99%, utilizando o modelo da lei da potência, mostrando que esse modelo de ajuste foi adequado, conseguindo descrever o comportamento reológico do leite fermentado (controle e Probiótico).

Rocha et al. (2020), também observou em seu trabalho desenvolvido com geleias de cupuaçu, que o modelo de Ostwald, foi o que melhor se adequou por apresentar valores de  $R^2$  superiores a 99% em todas as temperaturas estudadas.

O índice de fluxo ( $n$ ) apresentou pouca variação entre as concentrações, variando entre 1.295 e 1.469, porém, sempre superior a 1. De acordo com Ortiz (2018), quando  $n > 1$ , o fluido é considerado dilatante. É percebido que com o aumento da concentração há um distanciamento dos valores de  $n$  da unidade, desviando do ideal.

Silva et al. 2021, estudando o comportamento reológico do soro de leite desnaturado reticulado transglutaminase em diferentes quantidades de tempos de reação, observou que o modelo que melhor se adequou aos dados experimentais foi o de Ostwald-de-Waele, obtendo valores de  $R^2$  acima de 0,99, apresentando comportamento de fluidos pseudoplásticos, obtendo valores de  $n < 1$ .

### **Modelos de Herschel Bulkley**

O modelo de Herschel-bulkley possui três parâmetros reológico. O coeficiente de determinação, assim como nos outros modelos, apresentou valores elevados, o que adequa o modelo em questão aos dados experimentais. Tanto o  $R^2$  como o  $R^2$  ajustado foi superior a 99%, em todas as concentrações. Percebeu-se que esse fluido precisa de uma tensão inicial para começar a escoar, porém a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação não é linear. Tal relação depende do expoente adimensional  $n$ , característico para cada fluido. O índice de comportamento ( $n$ ) também foi superior a 1, em todas as concentrações o que indica ser um fluido dilatante. Os valores de tensão inicial variaram, entre 1.086 (concentração de 20%) a 1.482 mPa (40% de concentração). Esse resultado é um indicativo que quanto maior o teor de sólido, ou seja, a concentração do leite, maior a tensão inicial de cisalhamento. De acordo com Faraoni et al. (2013), quanto menor for o índice  $n$ , maior é a pseudoplasticidade do produto. Silva (2017), em seu trabalho com leite caprino fermentado, e em algumas amostras adicionadas inhame, percebeu que o valor de  $n$  foi mais baixo nas amostras que não tinha o inhame, se tornando mais pseudoplástico. Os valores encontrados por ele foi de 0,42 e 0,66 para as formulações de leite caprino fermentado e de 0,69 e 0,78 para aqueles que foram acrescido de inhame. Percebe-se que esses valores foram todos mais baixos que os conseguidos no atual trabalho que analisou diferentes concentrações do leite caprino. No trabalho de Sérgio (2016) os valores de  $n$  foram sempre inferiores a 1, o que confirma o comportamento não – Newtoniano.

Em seu trabalho, Melo et al. (2020), observou que o modelo que melhor se ajustou para descrever o perfil reológico das polpas de cupuaçu, foi o de Herschel-Bulkley, pois neste encontrou-se melhores correlações ( $R^2$ ), com valores superiores a 0,985.

Notou-se que o limite de escoamento calculado pelo modelo de Herschel-bulkley representou bem os valores experimentais. O índice de consistência foi elevado com o aumento da concentração do produto exibindo valores de viscosidade maiores para dispersões preparadas com maiores concentrações. O valor de K (índice de consistência) apresentou valores muito baixos, significando que o fluido assume baixa resistência ao fluxo. Por apresentar índice de comportamento maiores que 1, os fluidos, em todas as concentrações também é considerado como dilatante.

A tensão inicial ( $\tau_0$ ) nesse modelo, não teve um comportamento linear de acréscimo ou decréscimo de acordo com a concentração. Contudo, os valores observados eram muito baixos.

#### 4. Conclusão

Foi verificado que em todas as concentrações do leite as tensões de cisalhamento são baixas, o que já é típico do leite, e aumentam, quando a taxa de deformação também aumenta. Isso ocorre principalmente na concentração de 40%. Esse comportamento é típico de um fluido não newtoniano. Uma concentração maior necessita de maior tensão para iniciar o escoamento do fluido, já que a tensão inicial de cisalhamento é em função da concentração.

A viscosidade também é maior na concentração de 40% e cresce à medida que a taxa de deformação aumenta.

O aumento da concentração do leite leva a um desvio de idealidade, variando de newtoniano para não newtoniano com comportamento dilatante. O leite mais concentrado, causará maiores problemas no escoamento e bombeamento do fluido, já que será necessária maior energia para realizar o seu deslocamento.

Verificou-se que todos os modelos de ajustes, aqui apresentados, podem ser utilizados para o produto em questão, contudo, os modelos de Bingham e Ostwald-waele, obtiveram resultados mais satisfatório.

Para trabalhos futuros sugere-se que sejam avaliados leites de origem de outros animais em condições similares a desse trabalho, para que assim, seja possível avaliar se em virtude da composição do material, afetará os parâmetros avaliados.

#### Referências

- Almeida, R. L. J., Santos, N. C., Pereira, T. S., Silva, V. M. de A., Ribeiro, V. H. A., Silva, L. N., Muniz, C. E. S., Silva, L. R. I., Moreira, F. I. N. & Monteiro, Y. G. (2020). Estudo reológico da polpa de jaboticaba com diferentes concentrações de goma arábica. *Research Society and Development*, 9, (3), e91932511. doi: 10.33448/rsd-v9i3.2511
- Barros, S. L., Silva, W. P., Figueiredo, R. M. F., Araujo, T. J., Santos, N. C. & Gomes, J. P.G. (2019). Efeito da adição de diferentes tipos de açúcar sobre a qualidade de geleia elaborada com abacaxi e canela. *Revista Principia*, 45, p. 1-8. doi: 10.18265/1517-03062015v1n45p150-157
- Bezerra, M. F., Correia, R. T. P. (2012) Análise descritiva quantitativa e aceitação sensorial de iogurte obtido pela mistura de leite caprino e bubalino. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 71(1), p. 140-147. doi: 10.53393/rial.2012.v71.32403
- Chaudhary, V., Kumar, V., Singh, B. R., Singh, J., Chauhan, N., & Kumar, P. (2020) Drying characteristics of Bael pulp using different drying methods and different varieties. *International Journal of Agricultural Engineering*, 13 (1), p. 19–30. doi:10.15740/HAS/IJAE/13.1/19-30
- Faraoni, A. S., Ramos, A. M., Guedes, D. B. & Pinto, M. R. M. R. (2013). Propriedades reológicas de sucos mistos de manga, goiaba e acerola adicionados de fitoquímicos. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(1), p. 21-28, jan./mar. doi: 10.1590/S1981-67232013005000002
- Feitosa, R. M., Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. M., & Oliveira, E. N. A. (2018). Comportamento reológico da polpa de murta com maltodextrina. *Revista Engenharia na Agricultura*, 26 (5), p. 391-398. doi: 10.13083/reveng.v26i5.860
- Felippe, C. D. S., Cruz, B. S. & Macedo, B. A. B. (2016) Reologia de fluidos alimentícios. *Anais do XVI Congresso Nacional de Iniciação Científica - CONIC*, anais, São Paulo, SP, Brasil, 10.
- Gómez, A. S. (2021). Modelos reológicos associados al néctar mix papaya-piña. *Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinar*.5(4). 4370-4387. doi: 10.37811/cl\_rcm.v5i4.626
- Junior Oliveira, S. S., Ciseski, T. M. B. (2019) Tratamento da água através de troca iônica por meio de zeólitas como proposta para melhoria da reologia da frita cerâmica e dos compostos moídos. *Artigo da Universidade SATC*. Criciúma, SC, Brasil. <http://repositorio.satc.edu.br>

- Lima, D. B., Almeida, R. D., Pasquali, M., Borges, S. P., Fook, M. L., Lisboa, H. M. (2018). Physical characterization and modeling of chitosan/peg blends for injectable scaffolds. *Carbohydrate Polymers*, 189, 238-249. doi: 10.1016/j.carbpol.2018.02.045
- Melo, F. S., Okaneku, B. M., Cardoso, D. N. P., & dos Santos, W. G. (2020). Avaliação reológica da polpa e concentrado de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* schum). *Brazilian Journal of Development*, 6 (7), p. 45182-45192. doi: 10.34117/bjdv6n7-222
- Menezes, M. S. (2018) Reologia de alimentos modelos. Monografia. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, Brasil.
- Mitschka, P. (1982). Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions. *Rheol. Acta*, Prague, 21, 207-209.
- Ortiz, S. G. (2018). Caracterización mediante reología oscilatoria del comportamiento de fluidos dilatantes. Monografia, Universidad Carlos III de Madrid. Madrid, Espanha. Retrieved from: <https://e-archivo.uc3m.es>
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM.
- Rizqiati, H., Nurwantoro., Susanti, S., Febriantosa, A., Setyawandani, T., & Shauma, C. A. (2021). Physical and chemical characteristics of goat milk powder with different drying methods after storage. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, 16 (1), p. 65-74. doi: 10.21776/ub.jitek.2021.016.01.7
- Rocha, L. D. J. F. G., Ferreira, O. M. C., Mendonça, V. C. M., Torquato, R. F. Conceição Lima, F. J., Telis-Romero, J., & Lopes Filho, J. F. (2020). Influência da temperatura no comportamento reológico de geleias comerciais de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *Brazilian Journal of Health Review*, 3 (3), p.5352-5358. doi: 10.34119/bjhvr3n3-109
- Santos, N., Leite, D., Câmara, G., Barros, S., Santos, F., Soares, T., Lima, A., Soares, T., Albuquerque, A., Oliveira, M., Vasconcelos, U., & Queiroz, A. (2020) Modelagem matemática da cinética de secagem de cascas da toranja (*Citrus paradisi* Macf.). *Research, Society and Development*, 9 (1), e61911609. doi: 10.33448/rsd-v9i1.1609
- Sérgio, C. Spindola. (2016). Avaliação do potencial do uso do leite de cabra na elaboração de leite fermentado adicionado de inulina. Monografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. <https://repositorio.ufsc.br>
- Silva, L. F. N. (2014) Perfil de produtores da associação de criadores de cabras leiteiras do Leste e Agreste Potiguar. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, RN, Brasil. <https://repositorio.ufrn.br>
- Silva, F. J. P. D. (2017) Adição de duas variedades de inhame na fabricação de leite fermentado caprino funcional: aspectos reológicos. Monografia Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil. <https://repositorio.ufpb.br>
- Silva, H. A., Rocha, A. P. T., Oliveira, H. M. L., & da Silva, G. M. (2021). Comportamento reológico do soro de leite desnatado reticulado por transglutaminase em diferentes quantidades e tempos de reação. *Research, Society and Development*, 10 (7), e14310716447. doi: 10.33448/rsd-v10i7.16447
- Silva, G. M. (2021). Comportamento reológico do soro de leite desnatado reticulado por transglutaminase em diferentes quantidades e tempos de reação. *Research, Society and Development*, 10 (7), e14310716447. doi: 10.33448/rsd-v10i7.16447
- Souza, D.F.A., de Assis, P. O. A., Rodrigues, R. A. V., Guerra, G. C. B., & do Egypto, R. D. C. R. (2019). Produtos lácteos caprinos: constituintes e funcionalidade. *Brazilian Journal of Health Review*, 2 (1), p. 536-556. <https://brazilianjournals.com/>
- Sousa, S. F., Queiroz, A. J. M., Figueirêdo, R. M. F., & Silva, F. B. (2017). Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2016067. doi: 10.1590/1981-6723.6716
- Vidal-Martins, A. M. C., Salotti, B. M., Rossi Júnior, O. D., Penna, A. L. (2005). Evolução do índice proteolítico e do comportamento reológico durante a vida de prateleira de leite UAT/UHT1. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25 (4), 698-704. doi: 10.1590/S0101-20612005000400012