

# Oxidação da vitamina C em tanque Rushton: estudo experimental

Vitamin C oxidation in a Rushton tank: an experimental study

Ricardo Seixas<sup>1</sup> |  <https://orcid.org/0000-0002-0313-7112>  
Deovaldo de Moraes Júnior<sup>2</sup> |  <https://orcid.org/0000-0001-6656-208X>  
Lívia Maria Coura de Sá<sup>1</sup> |  <https://orcid.org/0009-0008-9549-0108>  
Lucas Alves Oliveira<sup>1</sup> |  <https://orcid.org/0000-0003-3236-8785>

## Artigo original

### Como citar

Seixas R, Moraes Júnior D, Sá LMC, Oliveira LA. Oxidação da vitamina C em tanque Rushton: estudo experimental. Rev Científica Integrada 2025, 8(1):e202523. DOI: <https://doi.org/10.59464/2359-4632.2025.3313>.

### Conflito de interesses

Não há conflito de interesses.

Enviado em: 29/03/2024

Aceito em: 25/08/2024

<sup>1</sup>Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Guarujá, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Santa Cecília (UNISANTA). Santos, São Paulo, Brasil.

### Autor correspondente

Lucas Alves Oliveira  
[Lucas.aoliveira@hotmail.com](mailto:Lucas.aoliveira@hotmail.com)

Revista Científica Integrada (ISSN 2359-4632)

<https://revistas.unaerp.br/rci>

## RESUMO

**Objetivo:** Quantificar a oxidação da vitamina C em tanque de Rushton em função do tempo, presença de chicanas, rotação e tipo de impelidores. **Método:** Estudo experimental, do tipo ensaio clínico, que utilizou a análise iodométrica para quantificar a massa de vitamina C em duas apresentações: pastilha efervescente (Cebion®), e cápsula de ácido ascórbico puro. Foram preparadas as duas soluções de 1L de vitamina C submetidas a rotação de 0, 200, 400 e 600 rpm, com e sem a presença de chicanas e com impelidor axial ou radial. **Resultados:** Constatou-se um maior percentual de perda nos experimentos com Cebion® em comparação com a vitamina C pura. Ademais, em ambos os experimentos a maior taxa de perda foi em rotação de 600 rpm e em uso de impelidor radial. **Conclusão:** Esse estudo amplia a compreensão da oxidação do ácido ascórbico e sugere a continuação da pesquisa explorando outras apresentações de vitamina C, considerando fatores redutores e variações quantitativas.

**Palavras-chave:** Ácido ascórbico. Vitamina C. Oxidação. Tanque de Rushton. Degradação.

## ABSTRACT

**Objective:** To quantify the oxidation of vitamin C in a Rushton tank as a function of time, presence of baffles, rotation, and type of impellers. **Method:** Experimental study, of the clinical trial type, which used iodometric analysis to quantify the mass of vitamin C in two presentations: effervescent tablet (Cebion®), and pure ascorbic acid capsule. Two 1L solutions of vitamin C were prepared and subjected to rotation of 0, 200, 400, and 600 rpm, with and without the presence of baffles and with an axial or radial impeller. **Results:** A higher percentage of loss was observed in the experiments with Cebion® compared to pure vitamin C. Furthermore, in both experiments, the highest loss rate was at a rotation of 600 rpm and with the use of a radial impeller. **Conclusion:** This study broadens the understanding of ascorbic acid oxidation and suggests further research exploring other presentations of vitamin C, considering reducing factors and quantitative variations.

**Keywords:** Ascorbic acid. Vitamin C. Oxidation. Rushton tank. Degradation.

## Introdução

O ácido ascórbico (AA) ou Vitamina C (vit. C) é uma molécula hidrofílica fundamental para a saúde humana<sup>1</sup>. Composta de seis carbonos, é um antioxidante altamente eficaz devido à sua capacidade de doar elétrons. Essa propriedade a torna essencial na proteção de biomoléculas, incluindo proteínas, lipídeos, carboidratos e ácidos nucleicos, contra danos causados por oxidantes gerados durante o metabolismo celular e pela exposição a poluentes<sup>2</sup>.

Além de suas funções antioxidantes, a vitamina C atua como cofator de enzimas envolvidas na síntese de importantes substâncias no organismo, tais como colágeno, carnitina, hormônios catecolaminérgicos e hormônios peptídicos aminados. Essas enzimas também hidroxilam fatores de transcrição, DNA metilado e histonas, desempenhando, assim, um papel significativo na regulação epigenética e na expressão epigenética<sup>3</sup>.

Apesar das atividades fisiológicas e metabólicas essenciais, os seres humanos carecem de L-gulonolactona oxidase e, portanto, não possuem capacidade de biossíntese de AA, sendo totalmente dependente da ingestão na dieta<sup>4</sup>. Embora apenas 10mg/dia seja necessário para prevenir o escorbuto é recomendado uma ingestão de 100-200mg/dia. Essa quantidade pode ser obtida por meio de alimentação saudável, principalmente com hortaliças verde-escuros e frutas cítricas<sup>5</sup>.

Apesar da importância nutricional, a vitamina C é suscetível à oxidação, processo que pode comprometer sua qualidade e disponibilidade em alimentos. O AA, devido à sua sensibilidade a fatores oxidativos, é uma das vitaminas mais suscetíveis a perdas durante o processamento, armazenamento e transporte de produtos alimentícios. Essas perdas ocorrem devido à ação do oxigênio e outros agentes oxidantes, como variações de pH, exposição à luz, teor de umidade, variações de temperatura e presença de íons metálicos. Mesmo com a minimização desses fatores externos, as perdas de AA ocorrem devido a reações de oxidação mediadas pela enzima ácido ascórbico oxidase, presentes dentro do material<sup>6</sup>.

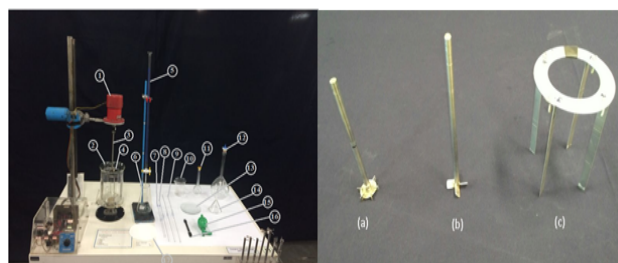
Diante desse cenário, o presente estudo propõe uma abordagem experimental para quantificar a oxidação da vitamina C em um tanque de bancada com geometria padronizada por Rushton. Esse tanque, amplamente empregado na indústria alimentícia, oferece a vantagem da escalabilidade dos resultados obtidos em laboratório para ambientes industriais. Dessa forma, a pesquisa contribuirá para a preservação da qualidade e do valor nutricional de produtos que contêm vitamina C, beneficiando tanto a indústria alimentícia quanto a saúde pública. A compreensão dos fatores que influenciam a oxidação da vitamina C é de suma importância para a otimização dos processos de

produção e o fornecimento de alimentos mais saudáveis e ricos em nutrientes essenciais. Por isso, o objetivo desse estudo foi quantificar, de forma experimental, a oxidação da Vitamina C em um tanque de bancada com geometria padronizada por Rushton que permite ampliação em escala.

## Método

Trata-se de um ensaio clínico realizado em bancada experimental para quantificar a oxidação da Vitamina C, em 2024. A oxidação foi determinada em função do tempo, da presença de chicanas, da rotação e do tipo de impelidores (axial e radial).

Para o desenvolvimento do ensaio, conforme ilustrado na Figura 1a, foi utilizado: (1) motor de rotação variável; (2) tanque com volume útil de 1500 mL; (3) impelidor de 4 pás inclinadas; (4) chicana; (5) turbina com 6 pás planas; (6) bureta de 25mL; (7) Erlenmeyer de 300 mL; (8) pipeta de 1 mL; (9) pipeta de 5 mL; (10) pipeta de 10 mL; (11) béquer de 250 mL; (12) balão volumétrico de 100 mL; (13) balão volumétrico de 1000 mL; (14) vidro de relógio; (15) funil de vidro; (16) pera de três vias. Além disso, foi utilizado também: espátula; papel de filtro; pastilha efervescente (Cebion®); solução de amido; ácido sulfúrico 20%; iodeto de potássio; iodato de potássio; água destilada e cápsula de Vitamina C pura. A Figura 1b, amplia a visualização do (a) impelidor radial, (b) axial e (c) chicanas.

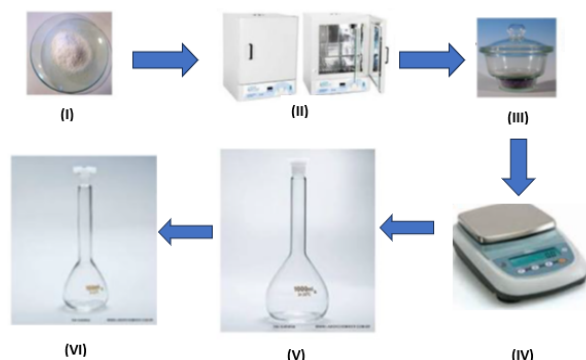


**Figura 1.** A) Bancada experimental; B) Material de bancada. Santos, São Paulo, Brasil, 2024.

O estudo utilizou o método de análise iodométrica do Instituto Adolf Lutz (2008)<sup>7</sup> sob numeração 0364/IV para quantificar a massa de AA, sendo demonstrado na Figura 2. Inicialmente foi separada uma amostra de 5 gramas de iodato de potássio em pó sobre um vidro relógio (I). A amostra foi pesada com o auxílio de uma balança de precisão (IV). O iodato de potássio foi colocado dentro de uma estufa a 110°C, por uma hora para secagem (II). Após a secagem, a amostra foi colocada em um dessecador para que esfriasse (III).

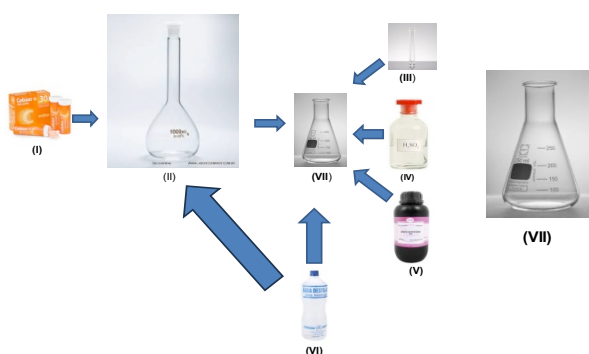
A amostra fria de iodato de potássio foi novamente pesada (IV) chegando-se a uma massa de 3,57gramas. A nova amostra foi utilizada para a preparação da solução de iodato, colocada dentro de um balão volumétrico de 1 litro e diluída (V). Após a preparação da solução de 0,1N, foram retirados 10 ml e transferidos para um balão

de 100 ml, para a preparação da solução de 0,01N, que foi utilizada para a titulação (VI), segundo o passo a passo da Figura 2.



**Figura 2.** Esquema explicativo da sequência da preparação do iodato. Santos, São Paulo, Brasil, 2024.

Terminada a preparação da solução de iodato de potássio, iniciou-se a preparação da solução de Cebion®, observada na Figura 3.



**Figura 3.** Sequência da preparação da solução de iodeto de potássio. Santos, São Paulo, Brasil, 2024.

Uma pastilha (I) do mesmo foi quebrada com auxílio das mãos (com luvas de látex) sobre um funil e inserida em um balão volumétrico de 1L (II). A pastilha foi solubilizada e o balão completado com água destilada (VI).

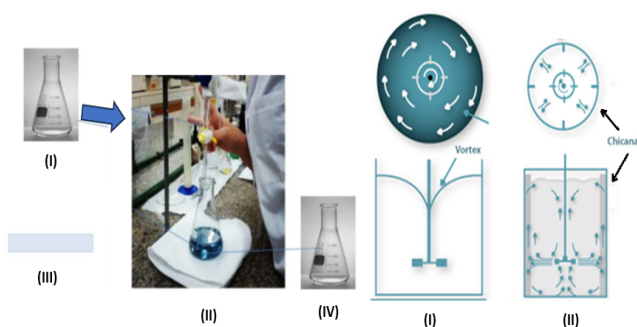
Da solução de 1L de Cebion® (laboratório Merck, lote c 140333, fabricação 02/14 e validade 01/16) foi extraída uma amostra de 10mL e separada (VII). O restante foi adicionado ao tanque de 1,5L (IV) com o impulsor mecânico para o início da agitação.

A amostra de 10mL foi colocada em um Erlenmeyer (III) para o primeiro teste, chamado de hora zero, antes da agitação ser iniciada. Foi adicionada uma pequena quantidade de água destilada, em seguida foram adicionados 10mL de ácido sulfúrico 20%(IV), 1mL de iodeto de potássio(V), 1mL de amido e agitado (III).

Estando pronta ambas as soluções para testes, foi utilizada a bureta contendo 20mL da solução de iodato de potássio(V), avolumou-se com água destilada (VI) obtendo-se a solução final (VII).

Os experimentos foram realizados na Universidade Santa Cecília na Cidade de Santos, portanto a pressão de 960 mmHg com temperatura constante entre 20 e 21 graus Celsius. A partir de então, na solução final (I) procedeu-se gotejamento protegida por papel alumínio (II) até ponto de virada, coloração azul claro (III), com tempo de permanência do azul claro por 20 segundos para não se ter novo gotejamento, caso ocorresse clareamento total antes desse tempo novo gotejamento (IV) era administrado, podendo ser visto na figura 4a.

A solução de ácido ascórbico, antes de ser mensurada, sofreu movimentações diferentes com pás planas e curvas, obedecendo um sentido de direcionamento, ora puramente circular, sem chicanas, apontado na Figura 4b(I), ora turbilhonado, com presença de chicanas, exemplificado na Figura 4b (II).



**Figura 4.** Avaliação de massa de Vitamina C. a. Determinação de perda de massa vitamina C. b. ilustração da visualização dos tanques sem chicanas e com chicanas, vista lateral e superior. (I) com vórtice (II) sem vórtice com turbilhonamento. Santos, São Paulo, Brasil, 2024.

## Resultados

Foram realizados 26 ensaios, sendo 13 com AA puro e 13 com Cebion®. Foram realizados cálculos de normalidade e de porcentagem de perda por tempo de retirada. No quadro 1 é apresentado o resumo de perda em cada experimento ao final de 120 minutos. Observou-se uma tendência em obter-se uma maior oxidação da Vitamina C quando: 1) Quanto maior a velocidade de rotação, pois a medida que a velocidade de rotação foi aumentando, houve maior degradação do AA; 2) Quando foram utilizadas as pás planas, em comparação as pás inclinadas; 3) Quando não foram utilizadas as chicanas, com menor turbilhonamento, porém com formação de vórtice, diretamente proporcional a velocidade de rotação.

**Quadro 1.** Porcentagem de perda de ácido ascórbico em cada experimento ao final de 120 minutos. Santos, São Paulo, Brasil, 2024.

| Sem Rotação       |             |              |             |              |                      |              |             |              |
|-------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------------|--------------|-------------|--------------|
| Cebion®           |             |              |             |              | Ácido Ascórbico puro |              |             |              |
| Perda (g)         | 0,0000      |              |             |              | 0,0140               |              |             |              |
| Perda (%)         | 0,0000      |              |             |              | 1,4710               |              |             |              |
| Perda (min)       | 0,0000      |              |             |              | 0,0001               |              |             |              |
| Rotação à 200 rpm |             |              |             |              |                      |              |             |              |
| Cebion®           |             |              |             |              | Ácido Ascórbico puro |              |             |              |
| Sem Chicana       |             |              | Com Chicana |              | Sem Chicana          |              | Com Chicana |              |
|                   | 4 pás a 45° | 6 pás planas | 4 pás a 45° | 6 pás planas | 4 pás a 45°          | 6 pás planas | 4 pás a 45° | 6 pás planas |
| Perd a (g)        | 0,0137      | 0,1782       | 0,0549      | 0,1921       | 0,0274               | 0,0549       | 0,0137      | 0,0137       |
| Perd a (%)        | 1,3900      | 18,3100      | 5,7100      | 18,9200      | 2,1300               | 5,7100       | 1,3900      | 1,4700       |
| Perd a (min)      | 0,0001      | 0,00148      | 0,0004      | 0,0016       | 0,0002               | 0,0004       | 0,0001      | 0,0006       |
| Rotação à 400 rpm |             |              |             |              |                      |              |             |              |
| Cebion®           |             |              |             |              | Ácido Ascórbico puro |              |             |              |
| Sem Chicana       |             |              | Com Chicana |              | Sem Chicana          |              | Com Chicana |              |
|                   | 4 pás a 45° | 6 pás planas | 4 pás a 45° | 6 pás planas | 4 pás a 45°          | 6 pás planas | 4 pás a 45° | 6 pás planas |
| Perd a (g)        | 0,0549      | 0,1785       | 0,0412      | 0,2059       | 0,0137               | 0,0550       | 0,0274      | 0,0687       |
| Perd a (%)        | 5,0000      | 18,0600      | 4,0500      | 20,5500      | 1,4500               | 5,7100       | 2,9000      | 7,1400       |
| Perd a (min)      | 0,0004      | 0,0015       | 0,0003      | 0,0017       | 0,0001               | 0,0004       | 0,0002      | 0,0006       |
| Rotação à 600 rpm |             |              |             |              |                      |              |             |              |
| Cebion®           |             |              |             |              | Ácido Ascórbico puro |              |             |              |
| Sem Chicana       |             |              | Com Chicana |              | Sem Chicana          |              | Com Chicana |              |
|                   | 4 pás a 45° | 6 pás planas | 4 pás a 45° | 6 pás planas | 4 pás a 45°          | 6 pás planas | 4 pás a 45° | 6 pás planas |
| Perd a (g)        | 0,0137      | 0,4668       | 0,0137      | 0,2883       | 0,0137               | 0,0961       | 0,0412      | 0,0687       |
| Perd a (%)        | 1,3300      | 44,1600      | 1,4100      | 28,3800      | 1,1500               | 9,8600       | 4,2900      | 7,1400       |
| Perd a (min)      | 0,0001      | 0,0039       | 0,0001      | 0,0024       | 0,0001               | 0,0008       | 0,0003      | 0,0006       |

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

## Discussão

Na indústria alimentícia são utilizados misturadores e agitadores para combinar componentes com propriedades diferentes e promover o movimento circulatório de materiais. A eficiência da mistura depende do tipo de impelidor e do modelo de tanque adequado. Os misturadores podem ter hélices em vez de pás planas e são usados para misturar, homogeneizar e dissolver soluções aquosas com ou sem sólidos suspensos<sup>8</sup>.

O presente estudo empregou o tanque de Rushton para simular as variáveis as quais a vitamina C é submetida no processo de produção. Foram utilizados dois tipos de impelidores: axial com 4 pás a 45° e outro radial com 6 pás planas, que operaram a mesma rotação. Além disso, foram empregadas chicanas, que consistem em anteparos inseridos no interior do tanque com o propósito de evitar a formação de vórtice e, consequentemente, diminuir a superfície de contato com o oxigênio.

Em relação à rotação zero, observou-se que após 120 minutos de ensaio não houve perda de massa do Cebion®, enquanto no experimento com AA puro houve uma pequena perda, perfazendo um total de 1,47% em

relação à massa inicial. Isso pode indicar que mesmo sem a rotação, a vitamina C pura sofre alguma oxidação, mas em uma taxa baixa.

Quando submetido a rotação de 200 rpm observou-se perda significativa de massa com o impelidor de 6 pás planas, quando comparadas com o impelidor de 4 pás a 45°, com e sem chicanas. A oxidação do Cebion® resultou em uma perda de massa muito mais significativa, próxima a 18%, em comparação ao AA puro, que apresentou perdas de 5,71% e 1,47% sem e com chicanas, respectivamente.

Na operação com 400 rpm e impelidor de 6 pás planas notou-se também maior perda de vit. C do Cebion®, 18,6% e 20,55% sem e com chicanas, respectivamente. Nas mesmas condições, o AA apresentou uma perda de 5,17% sem chicanas e 7,14% com chicanas, indicando a pouca influência desse item.

Com uma rotação de 600 rpm, foi observada a perda mais significativa de massa de vit. C, sendo 44,16% no experimento com Cebion® e 6 pás retas, em comparação à perda de 9,86% com o mesmo tipo de pás no AA puro.

O impelidor de 6 pás planas, que promove maior cisalhamento, foi o que promoveu a maior oxidação em relação às demais variáveis estudadas, incluindo tempo, sistema com ou sem chicanas e tipo de Vitamina C. Portanto, é recomendado evitar o uso desse impelidor em operações que envolvam a agitação de Vitamina C sem aditivos, a fim de preservar sua integridade.

Em resumo, constatou-se o maior percentual de perda nos experimentos com Cebion® em comparação com AA puro. Constatou-se também que em ambos os experimentos a maior taxa de perda foi em rotação de 600rpm e em uso de impelidor radial com 6 pás planas.

Quando utilizamos as chicanas, para evitar-se a formação de um vórtice no tanque a oxidação do ácido ascórbico diminuiu.

Notou-se uma diferença entre a oxidação do Cebion® (maior oxidação) em relação a Vitamina C pura (menor oxidação), mantendo-se massa e mesma condições de experimento, o que abre possibilidade para novos estudos.

## Conclusão

Este estudo investigou a oxidação da vitamina C em duas apresentações utilizando tanque com impelidores axial e radial, levando em consideração a rotação, a presença de chicanas e o tempo de operação. Os resultados indicaram que a seleção dos tipos de impelidores influenciou significativamente a taxa de oxidação da vitamina C. O impelidor axial mostrou-se mais eficiente na redução da oxidação, em comparação com o impelidor radial de seis pás planas. Já a presença das chicanas no tanque não apresentou efeitos positivos. Observou-se também que o tempo de operação e a intensidade de rotação exerceram um

efeito significativo na oxidação da vitamina C, com uma maior taxa de oxidação observada à medida que o tempo ou a rotação aumentava.

Outra ocorrência observada foi a maior oxidação do AA quando em contato maior com o oxigênio, nos experimentos onde não se utilizou de chicanas, formando-se assim um vórtice (funil de ar) dentro do tanque.

Esses resultados ressaltam a importância da seleção adequada de impelidores, do nível de rotação e do controle preciso do tempo de operação em processos de produção de vitamina C, visando minimizar a oxidação e preservar a qualidade do produto e a necessidade de evitar-se um maior contato da solução com o oxigênio para preservar-se a integridade da Vitamina C.

Este estudo permite ampliar a compreensão da oxidação do AA e sugere a continuação desta pesquisa explorando outras apresentações da vitamina C, considerando fatores redutores e variações quantitativas. Além disso, recomenda-se também, explorar outras variáveis, como temperatura abaixo de 40°Celsius, maior intensidade de luz (em lúmens), borbulhamento de ar, diferentes pressões atmosféricas e diferentes rotações e impelidores.

Abre-se a possibilidade de estudo prospectivo para avaliar-se a maior degradação do Cebion® em relação a Vitamina C pura, bem como a utilização ou a não utilização de determinada apresentação da Vitamina C de acordo com o objetivo.

Conclui-se que a Vitamina C quando presente em um tanque de indústria (Rushton) terá uma tendência maior em se degradar se for impelida por pás planas, da mesma forma que se a velocidade foi aumentada e houver uma agitação que forme um vórtice no centro da agitação, pela ausência de chicanas.

Da mesma forma, reduziremos sua degradação, se os impelidores tiverem pás axiais, velocidade de rotação reduzida e chicanas para se evitar a formação do vórtice.

## Referências

1. Caritá AC, Fonseca-Santos B, Shultz JD, Michniak-Kohn B, Chorilli M, Leonardi GR. Vitamin C: one compound, several uses. Advances for delivery, efficiency and stability. *Nanomedicine (Lond)*. 2020;24:102117.
2. Granger M, Eck P. Dietary vitamin C in human health. *Adv Food Nutr Res*. 2018;83:281–310.
3. Azulay MM, Lacerda CAM, Perez MA, Filgueira AL, Cuzzi T. Vitamina C. *An Bras Dermatol*. 2003;78(3):265–274.
4. Smirnoff N. Ascorbic acid metabolism and functions: a comparison of plants and mammals. *Free Radic Biol Med*. 2018;122:116–129.
5. Kaźmierczak-Barańska J, Boguszevska K, Adamus-Grabicka A, Karwowski BT. Two faces of vitamin C—antioxidative and pro-oxidative agent. *Nutrients*. 2020;12(5):1501.
6. Doseděl M, Jirkovský E, Macáková K, Krčmová LK, Javorská L, Pourová J, et al. Vitamin C—sources, physiological role, kinetics, deficiency, use, toxicity, and determination. *Nutrients*. 2021;13(2):615.
7. Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4ª ed. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde; 2008. cap. XIX, p. 670–672. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 24 jul 2023.
8. Batista MC, Rosa VS, Moraes Júnior D. Roteiro de projeto de chicana tubular vertical em tanques agitados com turbina Rushton. *Braz J Technol*. 2021;4(4):155–169

## Contribuições do autor

Todos os autores foram responsáveis pela concepção, redação e aprovação da versão final do artigo.

## Editor chefe

José Cláudio Garcia Lira Neto

## Copyright © 2025 Revista Científica Integrada.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença Creative Commons CC BY. Esta licença permite que terceiros distribuam, remixem, modifiquem e desenvolvam seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe deem crédito pela criação original. É a licença mais flexível de todas as licenças disponíveis. Recomenda-se maximizar a divulgação e utilização de materiais licenciados.