

A DINÂMICA DOS PERÓXIDOS NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DE ÓLEOS E GORDURAS: DESAFIOS NA DETECÇÃO E GESTÃO INDUSTRIAL

Fernando Silva Chagas, Karine Silva Amorim, Celso Martins Belisario, Marco Antônio
Pereira da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

Contato/e-mail: fernando.chagas@estudante.ifgoiano.edu.br,

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19890288>



A interpretação isolada do Índice de Peróxidos pode levar a decisões equivocadas na indústria, mascarando estágios avançados de oxidação; o valor TOTOX é essencial para uma avaliação confiável.

INTRODUÇÃO

A oxidação lipídica representa um dos principais desafios para a indústria de alimentos e biocombustíveis, impactando diretamente a vida útil, o valor nutricional e a segurança dos produtos finais. Os peróxidos e hidroperóxidos são os produtos primários formados durante a complexa reação de auto-oxidação, onde radicais livres atacam as cadeias de ácidos graxos insaturados. De acordo com GHARBY, S. et al. (2025), por serem quimicamente instáveis, esses compostos atuam como intermediários, degradando-se posteriormente em produtos secundários, como aldeídos e cetonas, que são os principais responsáveis pelo odor característico de ranço.

Na rotina industrial, o Índice de Peróxidos (IP) é o parâmetro mais difundido para monitorar a oxidação inicial devido à sua relativa simplicidade analítica. Entretanto, sua natureza dinâmica impõe sérios desafios de interpretação: um baixo valor de IP não garante necessariamente a integridade do óleo, podendo indicar que o produto já ultrapassou o seu pico oxidativo e entrou em uma fase avançada de degradação térmica ou temporal. Esta transitoriedade exige que pesquisadores e produtores compreendam que o IP é uma medida de concentração pontual, e não um acúmulo histórico da oxidação ocorrida na matriz lipídica. Portanto, este artigo visa discutir a importância de compreender essa

dinâmica para evitar interpretações equivocadas no controle de qualidade e no gerenciamento de estoques de óleos e coprodutos industriais.

DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

MECANISMOS DE FORMAÇÃO E DEGRADAÇÃO

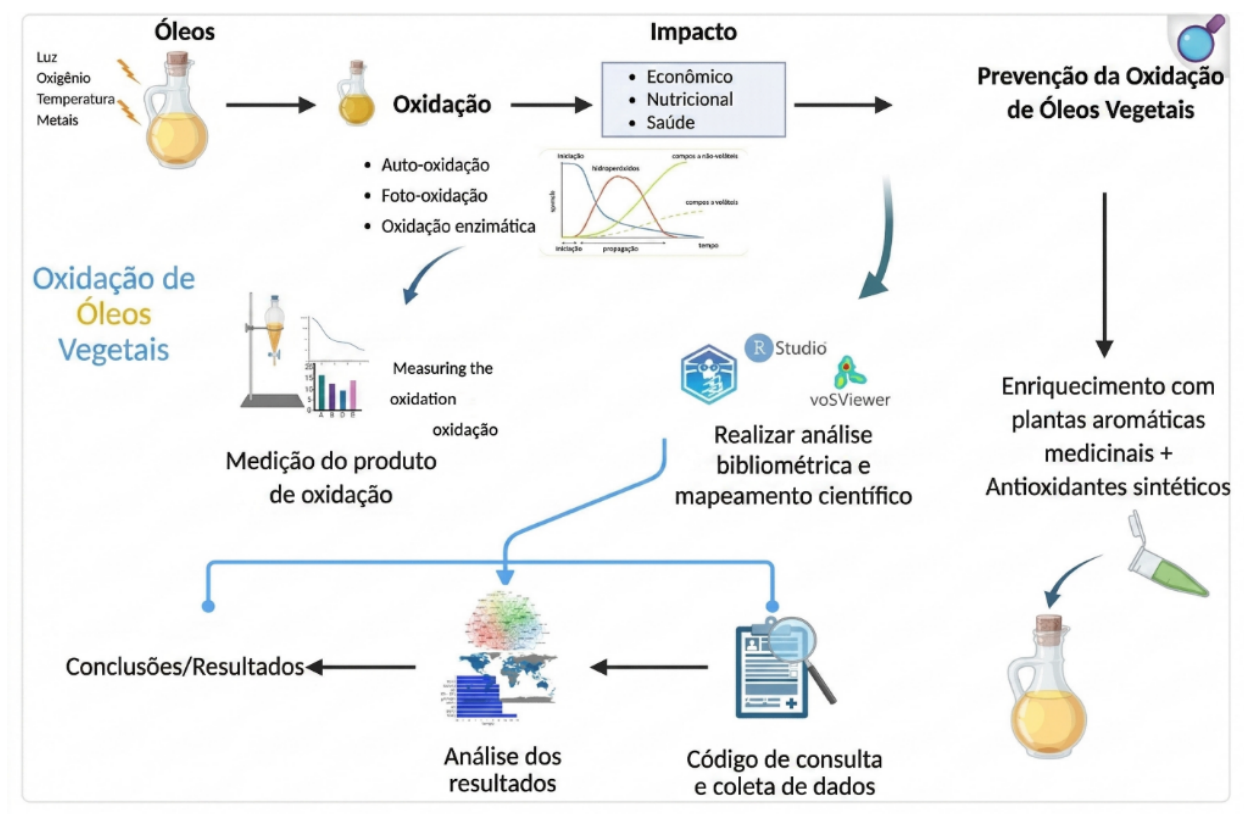
A estabilidade oxidativa é governada por reações em cadeia divididas em três etapas fundamentais: iniciação, propagação e terminação. A exposição a fatores como luz, oxigênio, temperaturas elevadas e presença de metais catalisadores atua como gatilho para o início dessas reações.

Durante a fase de propagação, observa-se aumento progressivo da concentração de peróxidos até um ponto crítico. A partir desse estágio, conforme descrito Abeyrathne, Nam e Ahn (2021) a taxa de decomposição desses compostos passa a superar sua formação, resultando na redução do IP, ao mesmo tempo em que ocorre acúmulo de produtos secundários.

Essa dinâmica evidencia uma limitação importante do IP: sua redução não necessariamente indica melhoria da qualidade, mas pode refletir avanço do processo oxidativo. Em condições de estresse térmico, por exemplo, a análise isolada desse parâmetro pode levar a interpretações equivocadas quanto ao estado real do insumo.

Essa característica transitória dos peróxidos tem implicações diretas sobre a forma como a oxidação deve ser monitorada, especialmente no contexto industrial, onde decisões operacionais dependem da confiabilidade analítica.

Figura 1 – Fluxograma da oxidação em óleos vegetais: fatores iniciadores, dinâmica de formação de produtos primários e secundários, impactos e métodos de prevenção.



Fonte: Adaptado de GHARBY, S. et al. (2025)

MÉTODOS DE DETECÇÃO E CUIDADOS LABORATORIAIS

O método de referência para determinação do IP permanece a titulação iodométrica (AOCS Cd 8-53), baseada na liberação de iodo a partir de iodeto de potássio em meio ácido. Apesar de consolidado, trata-se de um método sensível a variáveis operacionais.

A confiabilidade dos resultados depende de cuidados rigorosos, desde a coleta até a análise. A exposição à luz, o tempo de armazenamento e o manuseio inadequado podem induzir oxidação adicional, comprometendo a representatividade da amostra.

Nesse cenário, técnicas instrumentais têm ganhado espaço. Conforme relatado por Mehany, González-Sáiz e Pizarro (2026), métodos como a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e abordagens colorimétricas permitem avaliar simultaneamente marcadores primários e secundários, reduzindo o uso de reagentes e o tempo analítico. A escolha do método, portanto, deve considerar não apenas precisão, mas também a capacidade de refletir o estágio real da oxidação.

A IMPORTÂNCIA DO VALOR TOTOX E IMPACTOS EM COPRODUTO

Diante das limitações do IP, a utilização de indicadores complementares torna-se necessária. O valor de Oxidação Total (TOTOX), calculado por meio da relação $TOTOX = 2 \times IP + \text{índice de p-anisidina (AV)}$, permite integrar informações sobre produtos primários e secundários, oferecendo visão mais abrangente da deterioração lipídica.

Essa abordagem é especialmente relevante em coprodutos destinados à nutrição animal ou humana, nos quais a qualidade lipídica influencia diretamente o desempenho produtivo. Kerr et al. (2025) demonstram que compostos secundários, como aldeídos, podem reduzir a palatabilidade e induzir estresse oxidativo sistêmico, impactando negativamente o desempenho zootécnico e a qualidade final da carcaça.

Como evidenciado no Quadro 1, os principais indicadores de oxidação apresentam comportamentos distintos ao longo do processo. O IP, apesar de amplamente utilizado, apresenta caráter transitório, enquanto o índice de p-anisidina (AV) reflete compostos mais estáveis. Nesse contexto, o TOTOX se destaca por integrar essas duas dimensões.

Quadro 1 - Comparação entre Indicadores de Oxidação Primária e Secundária.

Indicador	Fase da Oxidação	Estabilidade	Limitação Principal
Índice de Peróxido (IP)	Primária	Instável	Diminui em estágios avançados
p-Anisidina	Secundária	Alta	Requer reagentes específicos
TOTOX	Global	Integrada	Depende de duas análises distintas

Fonte: Adaptado de Abeyrathne, Nam e Ahn (2021).

Na prática industrial, a interpretação isolada do Índice de Peróxidos pode levar a decisões equivocadas, como liberação de lotes degradados ou descarte desnecessário de matérias-primas. Nesse contexto, o uso do valor TOTOX contribui para maior confiabilidade analítica e decisões mais seguras no processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão da estabilidade oxidativa em óleos destinados à alimentação humana e animal constitui um fator determinante para a segurança e a qualidade dos produtos. O monitoramento isolado do Índice de Peróxidos mostra-se insuficiente para representar o estado real da oxidação, uma vez que não contempla o histórico de degradação da matriz lipídica.

A transição entre produtos primários e secundários exige a adoção de abordagens mais robustas, sendo o valor TOTOX uma ferramenta relevante nesse contexto. Além disso, o avanço de métodos rápidos de detecção e o controle de variáveis como temperatura e exposição à luz contribuem para maior confiabilidade no monitoramento.

Essas aplicações tecnológicas permitem otimizar o gerenciamento de estoques ao evitar a liberação de lotes degradados que apresentam baixo índice de peróxidos, mas alta concentração de produtos secundários. Na nutrição animal, o controle de aldeídos preserva a palatabilidade e previne o estresse oxidativo, garantindo melhores índices zootécnicos. Além disso, o uso de métodos rápidos como o NIR oferece eficiência analítica em tempo real, reduzindo o tempo de resposta e o uso de reagentes. Nesse sentido, do ponto de vista industrial, a incorporação dessas práticas permite não apenas melhorar o controle de qualidade, mas também reduzir perdas, aumentar a estabilidade dos produtos e assegurar maior segurança ao consumidor final.

REFERÊNCIAS

- KERR, B. J. *et al.* Aldehydes are key for assessing dietary lipid oxidation and subsequent effects on pig growth performance. **Journal of Animal Science**, [s. l.], 2025. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skaf407>. Acesso em: 21 abr. 2026.
- GHARBY, S. *et al.* Vegetable oil oxidation: Mechanisms, impacts on quality, and approaches to enhance shelf life. **Food Chemistry: X**, [s. l.], v. 28, 102541, 10 maio 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102541>. Acesso em: 21 abr. 2026.
- MEHANY, T.; GONZÁLEZ-SÁIZ, J. M.; PIZARRO, C. Rapid Monitoring and Quantification of Primary and Secondary Oxidative Markers in Edible Oils During Deep Frying Using Near-Infrared Spectroscopy and Chemometrics. **Foods**, [s. l.], v. 15, n. 3, 557, 4 fev. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods15030557>. Acesso em: 21 abr. 2026.
- ABEYRATHNE, E. D. N. S.; NAM, K.; AHN, D. U. Analytical Methods for Lipid Oxidation and Antioxidant Capacity in Food Systems. **Antioxidants**, [s. l.], v. 10, n. 10, 1587, out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox10101587>. Acesso em: 21 abr. 2026.