

APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Schinus terebinthifolia* Raddi

Ana C. Alves[1]; Tânia T. M. Mendoza[2]; Maurício F. Rosa[3];Viviane S. Lobo[4]
[1] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Processos Químicos e Biotecnológicos, Grupo de Pesquisa GPTEQ - Campus Toledo;*
[2] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Biociências, Grupo de Pesquisa GPTEQ - Campus Toledo;*
[3] *Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-graduação em Química - Campus Toledo;*
[4] *Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Grupo de Pesquisa GPTEQ - Campus Toledo.*
anacaroliny.alves@hotmail.com

Palavras-Chave: Laboratório 4.0, Produtos Naturais, Pimenta-rosa.

Introdução

A *Schinus terebinthifolia* Raddi, nativa da América do Sul e amplamente distribuída no território brasileiro, é uma espécie de interesse econômico, industrial e farmacológico devido às propriedades bioativas do seu óleo essencial. Popularmente conhecida como aroeira-pimenteira ou "pink pepper", seus frutos e folhas possuem compostos com atividades antimicrobiana, antioxidante, anti-inflamatória e inseticida, conforme corroborado por diversos estudos. Segundo Oliveira *et al.* (2024), a crescente demanda industrial por ingredientes de origem natural tem impulsionado a substituição de aditivos sintéticos nocivos, o que requer metodologias capazes de preservar a integridade química dos compostos extraídos.

Entretanto, a eficiência na obtenção desses bioprodutos é limitada pela complexidade fitoquímica da planta. Como demonstrado por Ennigrou *et al.* (2017) e Gobbo-Neto e Lopes (2007), a composição de monoterpenos e sesquiterpenos sofre influência direta de fatores abióticos, como temperatura e solo, além do estágio de maturação dos frutos. Adicionalmente, Carneiro *et al.* (2023) destacam que o sexo da planta, característica associada ao seu caráter dioico, é um fator determinante na variabilidade metabólica, exigindo maior controle das variáveis de processo. Essa variabilidade reflete-se diretamente nos rendimentos: Narcizo (2022) aponta que em folhas o rendimento varia entre 0,38% e 0,78%, enquanto Oliveira *et al.* (2024) registraram teores de até 7,60% em frutos secos.

Neste cenário, a extração convencional, predominantemente realizada por hidrodestilação em aparelho de Clevenger, apresenta limitações como longos tempos de processo, que podem degradar compostos termolábeis. Estudos de Oliveira *et al.* (2014) indicam que o rendimento do óleo de sementes atinge estabilidade após 2,5 horas, ressaltando

que períodos prolongados podem elevar desnecessariamente o consumo energético. Assim, a transição para a Química Digital surge como uma abordagem estratégica para o desenvolvimento de processos mais eficientes. Conforme destacado pela IUPAC (2025), a integração de tecnologias digitais e ferramentas de Inteligência Artificial (IA) é apontada como uma das principais tendências para a transformação da pesquisa química contemporânea.

A aplicação de ferramentas estatísticas tradicionais de otimização, como a Metodologia de Superfície de Resposta (RSM) e delineamentos experimentais descritos por Ma *et al.* (2023) e Kaya *et al.* (2020), permite avaliar a influência de parâmetros como tempo, temperatura e potência sobre o rendimento. No entanto, modelos avançados de Redes Neurais Artificiais (ANN) têm demonstrado superioridade em relação à RSM na modelagem de cinéticas complexas e predição de rendimentos, conforme apontado por Silva *et al.* (2026) e Subramani *et al.* (2024). Além disso, a implementação do Laboratório 4.0, por meio de Gêmeos Digitais (Digital Twins) propostos por Machado *et al.* (2023) e Andrade *et al.* (2021), permite simular processos em tempo real e garantir a reprodutibilidade industrial. Segundo Augoye *et al.* (2024), essa convergência tecnológica reduz o tempo experimental e o consumo de energia, tornando a extração mais sustentável e economicamente viável.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica integrativa sobre a aplicação da Inteligência Artificial como ferramenta de otimização da extração do óleo essencial de *Schinus terebinthifolia*. Busca-se identificar as principais lacunas metodológicas e destacar o potencial da IA e das tecnologias de Laboratório 4.0 na padronização, eficiência e controle de qualidade para a obtenção de produtos naturais.

Material e Métodos

Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica integrativa, de abordagem descritiva, direcionada à análise da aplicação da Inteligência Artificial (IA) na otimização da extração do óleo essencial de *Schinus terebinthifolia* Raddi. Para garantir a robustez do levantamento de dados e permitir uma análise comparativa de diferentes sínteses bibliográficas, foram utilizadas três plataformas de inteligência artificial generativa e de busca acadêmica: *Perplexity, SciSpace* (scispace.com) e *Consensus* (consensus.app).

A estratégia de busca foi estruturada por meio de combinações de descritores nos idiomas português e inglês, incluindo: "*Schinus terebinthifolia* essential oil", "extraction optimization", "artificial intelligence", "machine learning", "Laboratory 4.0" e "natural products". As consultas foram realizadas em repositórios acadêmicos e bases de dados como PubMed, SciELO, ScienceDirect, Wiley, MDPI, Springer/Google Scholar, Scopus e Web of Science.

O recorte temporal estabelecido compreendeu o período de 1° de janeiro de 2014 a 12 de agosto de 2026, visando capturar as inovações mais recentes em Química Digital e Indústria 4.0. Os critérios de inclusão contemplaram artigos científicos que abordassem:

1. Composição química e rendimento do óleo essencial de aroeira-pimenteira;
2. Métodos de extração convencionais (hidrodestilação) e tecnologias emergentes (SFE, UAE, MAE);
3. Modelagem e otimização via ferramentas computacionais, como Redes Neurais Artificiais (ANN) e Metodologia de Superfície de Resposta (RSM);
4. Conceitos de Laboratório 4.0, incluindo IoT, Gêmeos Digitais e Visão Computacional aplicados a produtos naturais.

Foram excluídos trabalhos duplicados, estudos sem acesso ao texto integral e publicações sem relação direta com a temática de otimização via IA. A coleta de dados priorizou variáveis de entrada (como parte da planta, estado da biomassa e condições operacionais) e variáveis de saída (como rendimento global e perfil químico). Os resultados gerados pelas três IAs foram organizados e comparados para identificar consensos científicos, lacunas de pesquisa e propostas de modelos experimentais para o desenvolvimento de protocolos de extração inteligentes e sustentáveis.

Os dados obtidos a partir das três ferramentas de Inteligência Artificial foram posteriormente reunidos e submetidos ao NotebookLM, utilizado como ferramenta auxiliar para a organização, análise comparativa e confrontação das informações identificadas no levantamento bibliográfico. Para garantir maior uniformidade e comparabilidade entre as respostas, foi utilizado o mesmo comando (prompt) nas três ferramentas de IA, mantendo-se iguais as informações e os critérios utilizados na solicitação. Essa etapa permitiu comparar os resultados obtidos pelas diferentes ferramentas, identificar convergências e divergências entre as informações e organizar os principais aspectos relacionados às condições de extração, variáveis de processo, modelagem e aplicação de tecnologias digitais.

Resultados e Discussão

A análise comparativa dos dados obtidos através das plataformas de Inteligência Artificial (*Perplexity, Consensus e SciSpace*) revelou uma convergência de evidências sobre a complexidade fitoquímica da *Schinus terebinthifolia*, ao mesmo tempo em que destacou caminhos distintos para a inovação tecnológica no processo extrativo.

Os estudos compilados demonstram uma dicotomia na composição química dependente do órgão vegetal utilizado. Os frutos (pimenta-rosa) apresentam predominância de monoterpenos hidrocarbonetos, com o δ-3-careno sendo o constituinte majoritário em diversos estudos, variando entre 30% e 40%. Em contrapartida, as folhas concentram maiores teores de sesquiterpenos, como o biciclogermacreno (até 27,57%) e o germacreno D.

A Tabela 1 resume os rendimentos médios e constituintes majoritários identificados no levantamento:

Tabela 1. Características e Resultados dos Estudos de Extração (*S. terebinthifolia*).

Referência	Parte vegetal	Estado da biomassa	Método de extração	Tempo (h)	Rendimento (%)	Compostos majoritários
Carneiro *et al.* (2023)	Folhas	Congelada	Hidrodestilação	4,0	0,04 – 0,24	β-cariofileno, germacreno D
Guimarães *et al.* (2023)	Folhas	Seca	Hidrodestilação (Clevenger)	3,0	0,1 – 0,7	Limoneno, δ-3-careno
Narcizo (2022)	Folhas	Fresca	Hidrodestilação	Não informado	0,38 – 0,78	Não informado
Oliveira *et al.* (2024)	Frutos	Secos	Hidrodestilação	2,0	7,60	β-pineno, α-pineno
Barraqui *et al.* (2023)	Frutos	Maduros	Hidrodestilação (Clevenger)	Não informado	3,76 – 8,81	Limoneno, α-felandreno
Santos *et al.* (2022)	Folhas	Frescas	Hidrodestilação (Clevenger)	2,0	0,16	D-limoneno, óxido de cariofileno
Oliveira *et al.* (2014)	Sementes	Secas e trituradas	Hidrodestilação (Clevenger)	2,5	2,76	ρ-ment-1-en-9-ol, β-pineno
Bortolucci *et al.* (2019)	Frutos	Secos	Hidrodestilação (Clevenger)	Não informado	7,60	β-pineno, α-pineno
Vasconcelos *et al.* (2021)	Frutos	Verdes	Hidrodestilação (Clevenger)	Não informado	Não informado	α-felandreno, β-felandreno
Schimitberger *et al.* (2018)	Frutos	Maduros	Não informado	Não informado	Não informado	δ-3-careno, α-pineno

Fonte: autor, 2026.

A disparidade de rendimento entre os órgãos é o ponto mais crítico revelado pela tabela. Enquanto as folhas apresentam rendimentos baixos, variando entre 0,04% e 0,78%, os frutos maduros e sementes atingem valores significativamente superiores, chegando a 8,81%. Essa variação justifica o interesse comercial focado na pimenta-rosa (fruto) em detrimento das partes vegetativas.

A Tabela 1 evidencia perfis químicos distintos que definem quimiotipos específicos para a espécie:

1. Folhas: Predomínio de sesquiterpenos como germacreno D e-cariofileno. No entanto, estudos sazonais na Amazônia mostram que o limoneno pode ser um marcador importante também em folhas (até 56,24%).
2. Frutos e Sementes: Predominância de monoterpenos como -pineno, -pineno e -3-careno. Nota-se que o estágio de maturação altera o perfil: frutos verdes concentram felandrenos, enquanto frutos maduros migram para pinenos e 3-careno.

3. Fragmentação: O estudo de Oliveira *et al.* (2014) com sementes trituradas e de Governici *et al.* (2020) demonstra que a fragmentação é vital para expor os canais secretores, podendo aumentar o rendimento em até 26 vezes em comparação a frutos inteiros.

A definição do tempo adequado contribui para a eficiência energética do processo. Oliveira *et al.* (2014) observaram que o rendimento de sementes atinge estabilidade após 2,5 horas, indicando que períodos superiores elevam o consumo de energia sem ganhos de massa, além de favorecerem a degradação térmica do óleo.

Esses dados apresentados na Tabela 1 reforçam a oportunidade, apontada nas fontes consultadas, de utilização da Inteligência Artificial para o desenvolvimento de modelos preditivos capazes de relacionar condições operacionais e biológicas ao rendimento final, visando à padronização no contexto do Laboratório 4.0.

Além do órgão, a sazonalidade e a geografia exercem influência crítica. Guimarães *et al.* (2023) observaram flutuações mensais no rendimento (0,1% a 0,7%) relacionadas à precipitação na Amazônia. Já Marangoni *et al.* (2022) registraram variações regionais no Brasil (0,40% a 0,86%), onde o perfil de α-pineno/limoneno predominou em cinco das seis regiões estudadas. Outro fator biológico determinante é o sexo da planta; Carneiro *et al.* (2023) demonstraram que indivíduos masculinos podem render até seis vezes mais óleo (0,24%) do que os femininos (0,04%).

O processamento da biomassa antes da extração é apontado como um dos fatores de maior impacto no sucesso produtivo. Governici *et al.* (2020) provaram que a fragmentação dos frutos (2mm) aumenta o rendimento em até 26 vezes em comparação a frutos inteiros. Quanto à secagem, a temperatura de 50°C mostrou-se ideal para preservar os voláteis em frutos fragmentados, enquanto temperaturas superiores (70°C) reduziram o tempo de processo, mas comprometeram o teor final de óleo.

No que tange ao tempo de extração, a hidrodestilação estabiliza o rendimento de sementes após 2,5 horas, sendo que períodos prolongados aumentam apenas o consumo energético sem ganhos de massa significativos. Tecnologias emergentes como a Extração Assistida por Ultrassom (UAE) demonstraram superioridade em eficiência, atingindo 28,60% de oleoresina em apenas 45 minutos.

As ferramentas de IA foram comparadas conforme seu desempenho preditivo:

ANN vs. RSM: Silva et al. (2026) e Subramani et al. (2024) confirmam que as Redes Neurais Artificiais (ANN) superam os modelos de regressão estatística tradicional (RSM) por capturarem a natureza não linear da extração, apresentando menores erros de predição.

Machine Learning Interpretável: O uso de algoritmos como LightGBM permitiu prever rendimentos de extração supercrítica com precisão excepcional ($R2 > 0.98$), utilizando SHAP para identificar a pressão e as propriedades moleculares como as variáveis mais influentes.

Como perspectiva futura, a aplicação de Gêmeos Digitais apresenta potencial para contribuir para a reprodutibilidade industrial, permitindo a simulação do comportamento

físico da destilação e a investigação de estratégias de otimização de parâmetros, como o Aprendizado por Reforço sem desperdício de matéria-prima.

A Tabela 2 sintetiza as diferentes perspectivas identificadas a partir dos dados levantados pelas três ferramentas de IA e posteriormente analisados e comparados no NotebookLM durante o levantamento bibliográfico:

Tabela 2. Contribuições das IAs para a discussão do artigo.

Dimensão da análise	**IA 1 – Perplexity**	**IA 2 – Consensus**	**IA 3 – SciSpace**
Foco principal	Otimização técnica e modelagem, com ênfase em processos industriais e predição estatística.	Mapeamento de evidências e identificação de lacunas específicas na literatura.	Protocolo experimental e análise detalhada de estudos individuais, com proposição de um plano de ação.
Variável crítica de destaque	Processamento: ênfase em métodos emergentes, como CO_2 supercrítico ($scCO_2$) e extração assistida por ultrassom (UAE), além da densidade do solvente.	Origem e sazonalidade: destaque para variações regionais no Brasil e uso de analogias com outras espécies vegetais.	Matéria-prima: destaque para estágio de maturação e fragmentação física da biomassa.
Tecnologia proposta	Gêmeos Digitais (Digital Twins): aplicação de redes neurais artificiais (ANN) e controle preditivo adaptativo.	Transferência de modelos: aplicação, por analogia, de resultados obtidos com alecrim e citronela.	Arquitetura IoT: utilização de sensores conectados, otimização bayesiana e automação do processo.
Ponto forte da revisão	Visão de engenharia direcionada à Indústria 4.0 e à escalabilidade do processo.	Identificação de lacunas de pesquisa diretamente relacionadas à aroeira-vermelha.	Organização de mais de 20 variáveis de entrada e respostas para subsidiar um novo modelo experimental.
Métrica de sucesso	Eficiência energética e acurácia da predição, com referência a $R^2 > 0,98$.	Cobertura das evidências disponíveis e similaridade da composição química entre diferentes métodos.	Rendimento de óleo por kg de matéria vegetal e intensidade de carbono do processo.

Fonte: autor, 2026.

A análise integrada das três ferramentas permitiu organizar o levantamento em três perspectivas complementares sobre a extração de *Schinus terebinthifolia*. A primeira está relacionada à utilização de modelos computacionais para representar relações não lineares entre variáveis de processo e rendimento. A segunda está associada à identificação de lacunas na literatura específica sobre a aplicação de IA à *S. terebinthifolia*. A terceira envolve a organização das variáveis experimentais que podem ser consideradas em estudos futuros.

É importante destacar que as ferramentas de IA não constituem, isoladamente, evidência científica dos efeitos de determinada variável sobre a extração. Sua principal contribuição neste trabalho foi auxiliar na localização, organização e comparação das informações disponíveis, bem como na identificação de possibilidades metodológicas. A confirmação dessas possibilidades depende de estudos experimentais específicos.

Conclusões

O estudo sobre a *Schinus terebinthifolia* Raddi evidencia uma transição clara da química de produtos naturais clássicos para uma ciência orientada por dados e digitalização. Conclui-se que o sucesso na obtenção do óleo essencial de aroeira-pimenteira é indissociável da compreensão de sua variabilidade biológica e fisiológica, uma vez que fatores como o órgão vegetal (com frutos maduros atingindo rendimentos superiores de até 8,81%), o sexo da planta e a sazonalidade determinam tanto o rendimento quanto o perfil químico final.

A análise técnica demonstra que a otimização dos processos não deve se limitar ao controle empírico de variáveis operacionais. Embora a hidrodestilação continue sendo o método predominante, tecnologias intensificadas como a extração assistida por ultrassom (UAE) e a extração com fluido supercrítico (scCO2) oferecem ganhos significativos em seletividade e eficiência energética. Além disso, o pré-tratamento físico da biomassa, especificamente a fragmentação, revelou-se um parâmetro crítico, capaz de elevar o rendimento em até 26 vezes.

No âmbito tecnológico, a Inteligência Artificial surge como o diferencial estratégico para superar as limitações das ferramentas estatísticas convencionais. Modelos de Redes Neurais Artificiais (ANN) e algoritmos de Machine Learning, como o LightGBM, apresentam capacidade superior de capturar a natureza não linear da extração, fornecendo predições de rendimento com acurácia excepcional ($R2 > 0.98$). Contudo, identifica-se que a aplicação desses modelos especificamente à *S. terebinthifolia* ainda é uma lacuna científica a ser explorada.

Por fim, a implementação do Laboratório 4.0 representa a fronteira para a padronização industrial da pimenta-rosa. Nesse contexto, tecnologias associadas ao Laboratório 4.0, como sensores IoT, Gêmeos Digitais (Digital Twins) e Visão Computacional, apresentam potencial para auxiliar na simulação, no monitoramento e no controle dos processos de extração. Entretanto, sua aplicação específica à *S. terebinthifolia* ainda requer validação experimental. Assim, os estudos analisados indicam que a integração entre a química analítica e ferramentas de inteligência artificial apresenta potencial para contribuir para o desenvolvimento de processos mais eficientes e padronizados na obtenção de bioprodutos de alto valor agregado.



Referências

ANDRADE, M. A. N. et al. A model proposal for digital twin development: essential oil extraction perspective. ***Research Square***, 2021. DOI: 10.21203/RS.3.RS-300217/V1.

AUGOYE, O.; SOBOWALE, A.; MUYIWA-AJAYI, T. P. Sustainable Process Design and Cost Optimization in Essential Oil Extraction: A Review of Industrial Approaches and Technologies. ***Journal of Frontiers in Multidisciplinary Research***, v. 5, n. 1, p. 17-25, 2024.

BARRAQUI, N. S. G. et al. Physical and chemical characteristics of *Schinus terebinthifolia* Raddi (Brazilian peppertree) fruits at different stages of maturation. ***Biochemical Systematics and Ecology***, v. 110, p. 104704, 2023.

BORTOLUCCI, W. C. et al. *Schinus terebinthifolia* essential oil and fractions in the control of *Aedes aegypti*. ***Bioscience Journal***, v. 35, n. 5, p. 1321-1335, 2019.

CARNEIRO, M. J. et al. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oil from Male and Female *Schinus terebinthifolius*. ***Pharmacognosy Research***, v. 15, n. 3, p. 484-491, 2023.

ENNIGROU, A. et al. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolia* Raddi) fruits. ***South African Journal of Botany***, v. 108, p. 407-415, 2017.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. ***Química Nova***, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOVERNICI, J. L. et al. Drying and essential oil extraction of Brazilian peppertree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. ***Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental***, v. 24, n. 9, p. 637-643, 2020. DOI: 10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V24N9P637-643.

GUIMARÃES, B. A. et al. Seasonality, Composition, and Antioxidant Capacity of Limonene/δ-3-Carene/(E)-Caryophyllene *Schinus terebinthifolia* Essential Oil Chemotype from the Brazilian Amazon: A Chemometric Approach. ***Plants***, v. 12, n. 13, p. 2497, 2023.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). ***Top Ten Emerging Technologies in Chemistry***. 2025. Disponível em: https://iupac.org/what-we-do/top-ten/. Acesso em: 24 maio 2026.

KAYA, D. A. et al. Selection of Optimal Operating Conditions for Extraction of *Myrtus communis* L. Essential Oil by the Steam Distillation Method. ***Molecules***, v. 25, n. 10, p. 2399, 2020.

MA, C. et al. Comparison of Hydrodistillation for the Extraction of Essential Oils from Fruit Peels with Other Methods. ***Chemical Engineering Transactions***, v. 106, p. 1141-1146, 2023.

MACHADO, C. A. T.; LEPIKSON, H. A. Industry 4.0 technological elements applied to steam distillation. ***Journal of Bioengineering, Technologies and Health***, v. 6, n. 2, p. 297, 2023. DOI: 10.34178/jbth.v6i2.297.

MARANGONI, J. A. et al. Geographical variation in the chemical composition, anti-inflammatory activity of the essential oil, micromorphology and histochemistry of *Schinus terebinthifolia* Raddi. ***Journal of Ethnopharmacology***, v. 301, 115786, 2022. DOI: 10.1016/j.jep.2022.115786.

NARCIZO, L. L. *Variação sazonal na composição química do óleo essencial de Schinus terebinthifolia Raddi*. 2022. 108 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Meio Ambiente) – **Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais**, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.



OLIVEIRA, K. C. et al. Essential Oil from the Leaves, Fruits and Twigs of *Schinus terebinthifolius*: Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Potential. ***Molecules***, v. 29, n. 2, p. 469, 2024.

OLIVEIRA, L. F. M. et al. Tempo de destilação e perfil volátil do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius*) em Sergipe. ***Revista Brasileira de Plantas Medicinais***, v. 16, n. 2, p. 243-249, 2014.

SANTOS, R. M. dos et al. Composição Química e Atividade Antioxidante de Óleos Essenciais das Folhas da *Schinus terebinthifolius* e *Siparuna guianensis*. ***Revista Virtual de Química***, v. 14, n. 6, p. 1152-1163, 2022.

SCHIMITBERGER, V. M. B. et al. Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). ***Industrial Crops and Products***, v. 119, p. 125-131, 2018.

SILVA, B. G. et al. Kinetic models for extraction with supercritical carbon dioxide from pink pepper: theoretical, empirical, and semi-empirical models and artificial neural network. ***Journal of Supercritical Fluids***, 2026.

SUBRAMANI, V. et al. Artificial neural network in optimization of bioactive compound extraction: recent trends and performance comparison with response surface methodology. ***Analytical Sciences***, 2024. DOI: 10.1007/s44211-024-00681-w.

VASCONCELOS, P. G. S. et al. Biological properties of *Schinus terebinthifolia* Raddi essential oil. ***Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences***, v. 57, e20417, 2021.