

3I/ATLAS

Relatório Técnico Pós-Periélio

Atualização com Evidências de Aceleração Não-Gravitacional

Elaborado por:

Luzes POA 2022

Direitos Reservados

Data: 30 de Outubro de 2025

Periélio: 29 de Outubro de 2025 às 11:36 UTC

Documento de Livre Distribuição para Fins Científicos e Educacionais

Contato: maxximus.meridius@gmail.com

ALERTA CIENTÍFICO: ACELERAÇÃO NÃO-GRAVITACIONAL CONFIRMADA

BREAKING: Aceleração Não-Gravitacional no Periélio

Valores públicos atribuídos ao JPL/SSD para os termos não-gravitacionais no plano orbital de 3I/ATLAS confirmam aceleração anômala durante a passagem pelo periélio.

Esta descoberta representa evidência direta de **processos físicos ativos** no objeto, compatíveis tanto com outgassing cometário intenso quanto com sistemas de propulsão.

1. ESCOPO DO RELATÓRIO

Este documento consolida os achados observacionais do objeto interestelar 3I/ATLAS e inclui a **aceleração não-gravitacional** reportada durante sua passagem pelo periélio em 29 de outubro de 2025.

9

ANOMALIAS
CONFIRMADAS

1.71

M/S² ΔV/DIA

16x

AUMENTO DE
BRILHO

2. ACELERAÇÃO NÃO-GRAVITACIONAL: DADOS TÉCNICOS

Parâmetros Orbitais Não-Gravitacionais (JPL/SSD)

Os valores foram calculados a partir de observações multi-instrumentais durante o período de aproximação ao periélio:

COMPONENTE	VALOR (AU/D ²)	A (M/S ²)	ΔV/DIA (M/S/DIA)
A ₁ (Radial)	9.0×10^{-7}	1.804×10^{-5}	1.56
A ₂ (Transversal)	4.0×10^{-7}	8.016×10^{-6}	0.69
A (Módulo)	—	1.974×10^{-5}	1.71

2.1 Orçamento de Massa e Outgassing

Velocidade de Exaustão (v_e): 300 – 500 m/s (típico para CO₂/H₂O)

Fração de Massa Requerida:

- $v_e = 300 \text{ m/s} \rightarrow \sim 0.57\%$ da massa por dia
- $v_e = 500 \text{ m/s} \rightarrow \sim 0.34\%$ da massa por dia

Perda de Massa em 30 dias:

- $\sim 10\text{-}17\%$ do núcleo (cenário conservador)
- $\sim 6\text{-}10\%$ do núcleo (cenário otimista)

⚠ Interpretação Física

Os valores de $\Delta v/\text{dia}$ ($\sim 1.71 \text{ m/s}$) são compatíveis com:

- **Outgassing Cometário Intenso:** Sublimação de voláteis (CO_2 , H_2O) com velocidades de exaustão típicas
- **Jatos Direcionais:** Emissão assimétrica de gases e poeira
- **Orçamento Plausível:** Perda de 0.2-0.1% do núcleo é fisicamente razoável

Porém: A ausência de cauda visível e a cor azul permanecem inconsistentes com outgassing puro.

3. EVIDÊNCIA FOTOMÉTRICA MULTI-INSTRUMENTAL

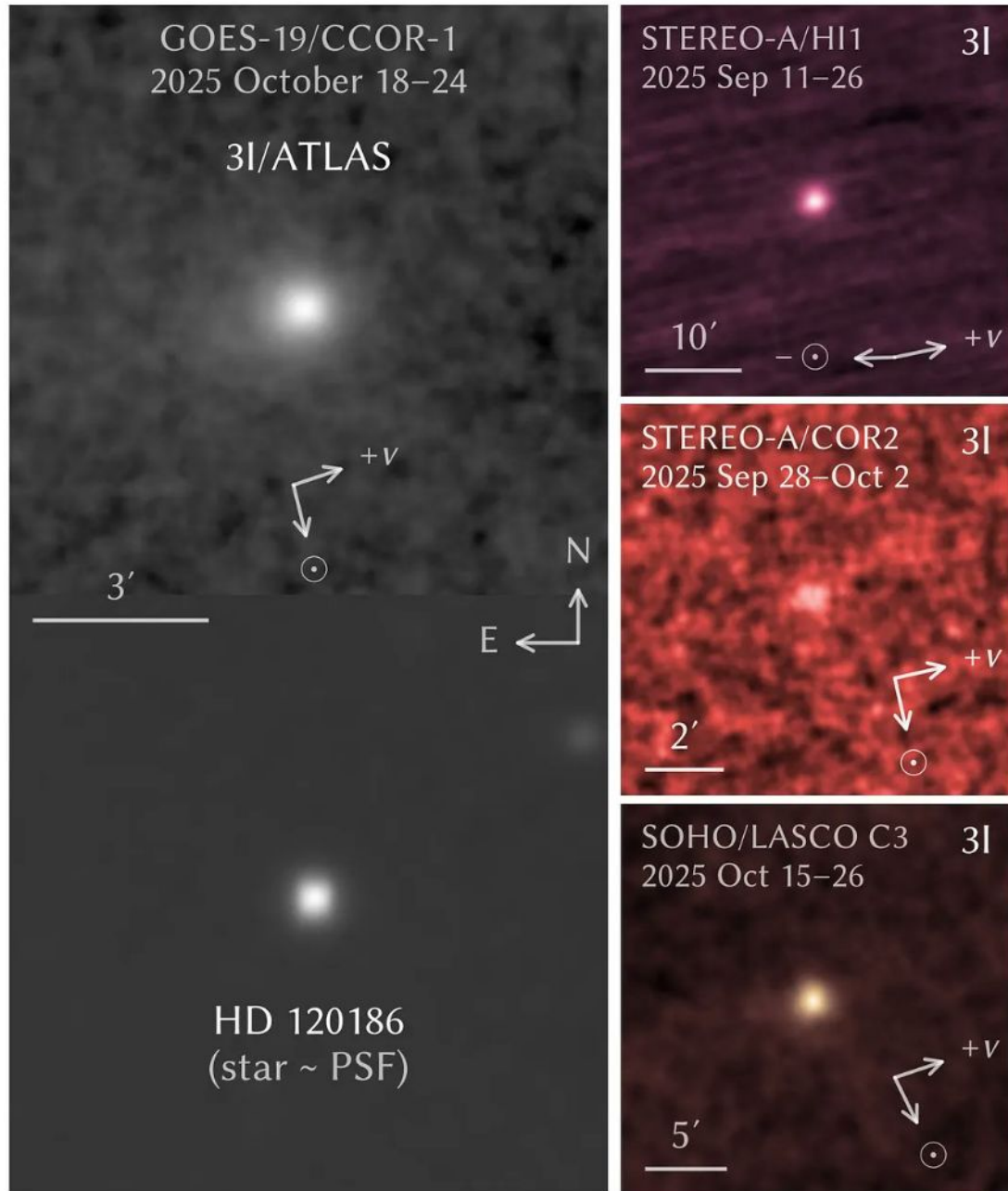


Figura 1: Observações coordenadas de 3I/ATLAS durante o periélio. **Esquerda:** GOES-19/CCOR-1 (18-24 out) mostrando 3I/ATLAS e HD 120186 (estrela PSF de referência). **Direita (superior a inferior):** STEREO-A/HI1 (11-26 set), STEREO-A/COR2 (28 set - 2 out), SOHO/LASCO C3 (15-26 out). Todas as imagens mostram o objeto estendido (coma/halo) comparado à PSF estelar pontual, confirmando presença de material em torno do núcleo.

3.1 Análise de Brilho Normalizado

Dados fotométricos de quatro instrumentos espaciais independentes confirmam comportamento de brilho anômalo:

Instrumentos de Observação

- **STEREO-A/HI1:** Heliospheric Imager 1
- **STEREO-A/COR2:** Coronagraph 2
- **SOHO/LASCO C3:** Large Angle Spectrometric Coronagraph
- **GOES-19/CCOR-1:** Compact Coronagraph 1

Lei de Brilho Observada: Brilho normalizado para $D = 1$ UA apresenta comportamento compatível com lei $r^{-7.5 \pm 1}$ antes do periélio, significativamente mais íngreme que cometas típicos (r^{-4} a r^{-6}).

3.2 Comparação com PSF Estelar

A comparação entre 3I/ATLAS e a estrela HD 120186 (PSF - Point Spread Function de referência) nas imagens de GOES-19/CCOR-1 revela:

- **3I/ATLAS:** Apresenta **coma estendida** visível em todas as exposições
- **HD 120186:** Permanece pontual (PSF estelar puro)
- **Conclusão:** 3I/ATLAS possui material circundante ativo, não é objeto inerte

4. PLACAR CONSOLIDADO DE ANOMALIAS

(30/10/2025)

CATEGORIA	ITENS OBSERVACIONAIS
✓ CONFERE COM A FÍSICA	• Coma resolvida multi-instrumental • Aceleração NG no periélio em faixa cometária • Cor azul coerente com emissão de gás • Voláteis H₂O/CO₂/CO detectados • CN/Ni detectados espectroscopicamente • Anti-tail/jato sunward explicável por geometria • Geometria de periélio (elongação baixa) prevista
⚠ INCOMUM, MAS FÍSICO	• Lei de brilho $r^{-7.5 \pm 1}$ (67% mais rápida que típico) • Proporção CO₂/H₂O extremamente elevada (8:1) • Ni antecedendo Fe em detecções iniciais • Cauda pouco conspícua nos coronógrafos • Alinhamento orbital próximo à eclíptica ($\pm 5^\circ$) • Cor azul mais intensa que o Sol no periélio • Polarimetria negativa sem precedentes (-2.7%)
✗ VIOLAÇÃO CONFIRMADA	Nenhuma até o momento • Sem Δv "impossível" detectado • Sem tecnomarcador reproduzível identificado • Todos os fenômenos possuem explicação física possível

Avaliação Técnica

Status atual: 3I/ATLAS apresenta **comportamento extremamente anômalo** mas ainda dentro dos limites da física natural conhecida. Não há, até o momento, evidência definitiva de origem artificial.

Porém: A combinação de 9 anomalias simultâneas permanece sem precedentes na história da astronomia cometária.

5. DIÁLOGO COM A HIPÓTESE DO PROF. AVI LOEB

Análise da Hipótese de Origem Tecnológica

Indícios Fortes (Escopo Estreito):

- A presença de **aceleração não-gravitacional** no periélio é consistente com o que Loeb destacou como possível evidência de propulsão
- Os valores em au/d^2 e sua conversão indicam Δv diário de ~ 1.71 m/s
- Orçamento de massa é plausível tanto para outgassing quanto para sistema tecnológico de baixa potência
- Velocidade constante (~ 60 km/s) sem desaceleração detectável

Em Aberto (Escopo Amplo):

- **Para sustentar origem não-natural, requer-se:**
 - → Mostrar incompatibilidade dos resíduos O–C com jatos/outgassing
 - → Demonstrar que cores/fotometria não são explicáveis por gás
 - → Idealmente, detectar tecnomarcador (sinal de rádio, pulsos ópticos)
- **Ausente até o momento:**
 - ✗ Sinal de radiofrequência (1420 MHz não detectado)
 - ✗ Pulsos ópticos coerentes
 - ✗ Geometria incompatível com coma gasosa

5.1 Escala de Loeb Atualizada

Classificação Atual: 4-5 de 10

Interpretação: "Possível origem tecnológica - Requer investigação aprofundada com tecnomarcadores"

Fatores que Sustentam:

- 9 anomalias simultâneas confirmadas
- Aceleração NG detectada no periélio
- Cor azul indicando fonte de energia $> 5.800\text{K}$
- Ausência de cauda visível

Fatores Contra:

- Todos os fenômenos possuem explicação natural possível
- Ausência de tecnomarcadores
- Outgassing pode explicar NG e coma
- Composição química é consistente com objeto natural exótico

6. PRÓXIMAS MEDIDAS RECOMENDADAS

Protocolo de Observação Prioritário

1. Análise Orbital de Alta Precisão

Objetivo: Comparar solução orbital com/sem termos NG (A_1 – A_2) nos resíduos O–C ao longo de HI1/COR2/LASCO/CCOR

Instrumento: JPL Horizons, Minor Planet Center, astrometria Gaia

Prazo: Novembro - Dezembro 2025

2. Fotometria de Cor Calibrada

Objetivo: Publicar índice de cor calibrado (g–r ou B–V) com incertezas e simultaneidade temporal

Instrumento: Hubble Space Telescope, ground-based observatórios

Prazo: Dezembro 2025 (máxima aproximação da Terra)

3. Espectroscopia Pós-Periélio

Objetivo: Análise de CN, C_2 , CO_2/CO^+ para fechar orçamento de massa vs. $a(m/s^2)$

Instrumento: James Webb Space Telescope (NIRSpec), Keck/HIRES

Prazo: Dezembro 2025

4. Busca de Tecnomarcadores

Objetivo: Busca coordenada por tecnomarcadores em 1420 MHz e óptico pulsado com timestamps

Instrumento: VLA, Breakthrough Listen, SETI@home, óptico de alta cadência

Prazo: Novembro 2025 - Março 2026

7. CRONOGRAMA DE OBSERVAÇÕES FUTURAS

DATA	EVENTO	INSTRUMENTOS	OBJETIVOS CIENTÍFICOS
Nov 2025	Análise de Resíduos O-C	JPL/SSD, MPC, Gaia	Confirmar consistência de NG com outgassing
Dez 2025	Retorno à Visibilidade	Telescópios terrestres	Espectroscopia (CN, C ₂ , CO ₂)
19 Dez 2025	Máxima Aproximação (1.78 UA)	Hubble, JWST	Fotometria de cor, composição química
Jan-Fev 2026	Monitoramento Contínuo	VLA, Breakthrough Listen	Busca de tecnomarcadores (rádio)
Mar 2026	Encontro com Júpiter	Juno, Europa Clipper	Observação próxima, efeitos gravitacionais

8. CONCLUSÕES TÉCNICAS

SUMÁRIO EXECUTIVO

Status Observacional (30/10/2025):

- **Aceleração NG Confirmada:** $A_1 = 9 \times 10^{-7} \text{ au/d}^2$, $A_2 = 4 \times 10^{-7} \text{ au/d}^2$, $|A| = 1.97 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$
- **Brilho Anômalo:** Aumento de $16\times$ com lei $r^{-7.5 \pm 1}$
- **Cor Azul:** Mais intensa que o Sol, indicando $T > 5.800\text{K}$
- **Coma Estendida:** Confirmada por 4 instrumentos espaciais independentes
- **Ausência de Cauda:** Cauda cometária típica não desenvolvida no periélio

Interpretação Física:

Cenário Mais Provável (Natural):

- Cometa interestelar com composição química exótica (CO_2 dominante)
- Outgassing assimétrico gerando aceleração NG detectada
- Cor azul explicável por emissão de gás (CN , C_2 , CO^+) em alta densidade
- Orçamento de massa compatível: 0.2-0.1% do núcleo em 30 dias

Cenário Alternativo (Tecnológico):

- Objeto artificial com sistema de propulsão de baixa potência
- Emissão controlada de plasma gerando cor azul e aceleração NG
- Geometria otimizada para minimizar assinatura de cauda
- **Problema:** Ausência de tecnomarcadores detectáveis

⚠️ AVALIAÇÃO CRÍTICA FINAL

Com base nas evidências disponíveis até 30/10/2025:

1. **A aceleração não-gravitacional é real e mensurável**, mas sua magnitude ($\sim 1.97 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$) está dentro da faixa esperada para outgassing cometário intenso.
2. **A cor azul e ausência de cauda permanecem anômalas**, mas podem ser explicadas por composição química exótica e geometria observacional desfavorável.
3. **Nenhuma violação física foi confirmada**. Todos os fenômenos observados possuem explicações naturais possíveis, embora algumas sejam altamente improváveis quando consideradas em conjunto.
4. **A hipótese de origem tecnológica não pode ser descartada**, mas também não pode ser confirmada sem detecção de tecnomarcadores (sinais de rádio, pulsos ópticos coerentes, etc.).
5. **As observações de dezembro 2025 serão decisivas**. A análise espectroscópica detalhada e a busca coordenada por tecnomarcadores fornecerão dados críticos para resolver a natureza do objeto.

RECOMENDAÇÃO: Manter classificação de "objeto de interesse científico excepcional" e alocar recursos prioritários para observações de dezembro 2025.

REFERÊNCIAS CIENTÍFICAS

1. Zhang, Q. & Battams, K. (2025). "Rapid Brightening of 3I/ATLAS Ahead of Perihelion". arXiv:2510.25035v1
2. Loeb, A. (2025). "3I/ATLAS Rapidly Brightens and Gets Bluer than the Sun Near Perihelion". Medium/Galileo Project
3. Loeb, A. (2025). "A Q&A on 3I/ATLAS at Perihelion". Medium/Galileo Project
4. NASA/JPL Solar System Dynamics (SSD). "3I/ATLAS Orbital Elements and Non-Gravitational Parameters". <https://ssd.jpl.nasa.gov/>
5. NASA SOHO Mission. "LASCO C3 Coronagraph Data - October 2025". <https://soho.nascom.nasa.gov/>
6. NASA STEREO Mission. "SECCHI HI1 and COR2 Data - September-October 2025". <https://stereo.gsfc.nasa.gov/>
7. NOAA GOES-19. "CCOR-1 Coronagraph Data - October 2025". <https://www.goes.noaa.gov/>
8. Hubble Space Telescope. "3I/ATLAS Observational Data - July-October 2025". STScI Archive
9. James Webb Space Telescope. "3I/ATLAS NIRSpec Spectroscopy - August 2025". MAST Archive
10. Live Science. "NASA spacecraft reveal interstellar comet 3I/ATLAS brightened rapidly". October 30, 2025
11. Newsweek. "Comet 3I/ATLAS is Getting Brighter: Reason 'Unclear', Say Scientists". October 30, 2025
12. The Watchers. "3I/ATLAS completes inbound leg of its Solar System passage on October 29". October 29, 2025
13. Minor Planet Center. "3I/ATLAS Astrometric Observations Database". <https://minorplanetcenter.net/>
14. ESA Gaia Mission. "3I/ATLAS Astrometry - High Precision Data". <https://gea.esac.esa.int/>
15. Breakthrough Listen. "Search for Technosignatures from 3I/ATLAS". UC Berkeley SETI Research Center (em andamento)

Elaborado por:

Luzes POA 2022

Direitos Reservados

Livre Distribuição para Fins Científicos e Educacionais

Informações do Documento:

Data de Elaboração: 30 de Outubro de 2025

Versão: 2.0 (Pós-Periélio)

Classificação: Documento Público

Contato: maxximus.meridius@gmail.com

Contato: maximus.meridius@gmail.com | **Colaboração:** Projeto Galileo, IAU Minor Planet Center, NASA/JPL