



# Avaliação da Saúde Planetária

Uma avaliação científica do estado do nosso planeta.

RESUMO EXECUTIVO

20  
24



Planetary Boundaries  
SCIENCE



2024

**Planetary Boundaries  
SCIENCE**

## Agradecimentos

**Autores:** Levke Caesar\*, Boris Sakschewski\*, Lauren Seaby Andersen, Tim Beringer, Johanna Braun, Donovan Dennis, Dieter Gerten, Adrian Heilemann, Jonas Kaiser, Niklas H. Kitzmann, Sina Loriani, Wolfgang Lucht, Josef Ludescher, Maria Martin, Sabine Mathesius, Anja Paolucci, Sofie te Wierik, Johan Rockström (\*contribuíram igualmente para este trabalho e foram designados como co-autores)

**Arte e números:** Globaia

**Obrigado aos colegas do PIK que disponibilizaram o seu tempo para criar esta tradução:**  
Sullyandro Guimarães, Diogo A. Serraglio

**Editado por:** Planetary Boundaries Science (PBScience)



A Planetary Boundaries Science é uma parceria científica internacional criada no final de 2023 para efetuar controlos anuais do estado de saúde do planeta, ao mesmo tempo que faz avançar a ciência subjacente e assegura uma comunicação científica contemporânea e eficiente. A PBScience irá melhorar as avaliações das Limites Planetários **a)** aplicando técnicas avançadas de análise de dados, **b)** utilizando os conjuntos de dados mais recentes disponíveis, **c)** melhorando a modelação do sistema terrestre e **d)** utilizando ferramentas de comunicação modernas e abrangentes para transmitir as suas mensagens a um público alargado. Colaborando estreitamente com os **Planetary Guardians**, a PBScience empenha-se em elevar a consciencialização global e impulsionar a ação no sentido de manter a estabilidade planetária.

**Contacto:** [PBScience@pik-potsdam.de](mailto:PBScience@pik-potsdam.de)

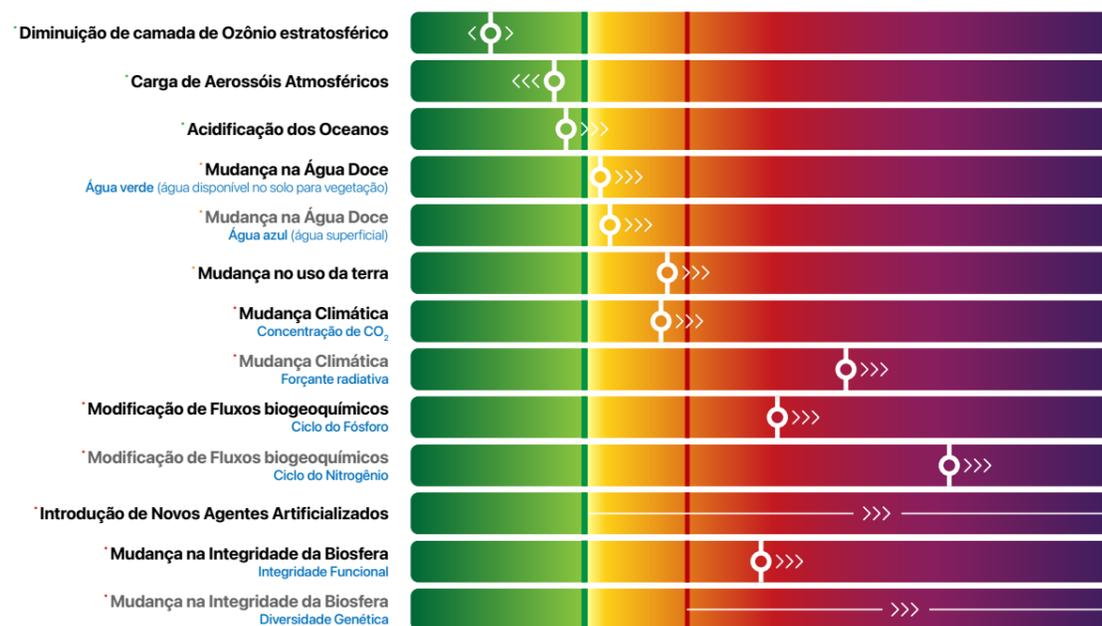


© **Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)**; Member of the Leibniz Association, Telegraphenberg A 31, 14473 Potsdam, Germany; 2024

## Resumo executivo

Este relatório anual inaugural representa um marco fundamental no monitoramento e na proteção da estabilidade, da resiliência e das funções essenciais à manutenção da vida da Terra - o que denominamos “Saúde Planetária”. Nossa recém-estabelecida e crescente parceria científica internacional, **Ciência dos Limites Planetários** (do inglês Planetary Boundaries Science, PBScience), tem como objetivo aprimorar a estrutura dos Limites Planetários (do inglês Planetary Boundaries, PBs), integrando novos dados e metodologias, além de promover uma comunicação científica inovadora.

A estrutura dos PBs analisa e monitora os nove processos e sistemas que comprovadamente regulam a saúde do nosso planeta. Cada um desses processos, como por exemplo a mudança climática ou a acidificação dos oceanos, é atualmente quantificado por uma ou duas variáveis de controle distintas. O relatório de Diagnóstico da Saúde Planetária de 2024 revela que seis dos nove processos já ultrapassam os níveis seguros dos PBs, e todos esses seis apresentam tendências de aumento da pressão em suas variáveis de controle, sugerindo a possibilidade de novas transgressões desses limites em um futuro próximo (Fig. 1).



**FIGURA 1** Figura 1. Saúde planetária: panorama geral. Assim como um exame de sangue fornece informações sobre a saúde do corpo humano e identifica possíveis áreas de preocupação, o Diagnóstico da Saúde Planetária avalia as 13 variáveis de controle nos 9 processos dos Limites Planetários (PBs) para fornecer um panorama sobre a estabilidade, a resiliência e as funções essenciais à manutenção da vida da Terra, ou seja, a saúde geral do nosso planeta. A avaliação de 2024 revela que seis dos nove PBs foram transgredidos: mudança climática, integridade da biosfera, mudança no sistema da terra, mudança nos recursos de água doce, fluxos biogeoquímicos e introdução de novos agentes artificiais. Todos esses processos apresentam tendências crescentes, indicando a possibilidade de novas transgressões em um futuro próximo. Por outro lado, três processos permanecem dentro do espaço operacional seguro: acidificação dos oceanos (com tendência crescente e próxima do PB), carga de aerossóis atmosféricos (com tendência global decrescente) e diminuição da camada de Ozônio estratosférico (sem tendência observada). Na barra de cores superior, um diagrama de quartis clássico resume, de forma dinâmica, a distribuição de todas as 13 variáveis de controle ao mesmo tempo. Esse elemento visual representa o símbolo dinâmico do Diagnóstico da Saúde Planetária.

Os seis processos dos PBs que já ultrapassaram os níveis seguros são:



**Mudança climática:** Os níveis de CO<sub>2</sub> atmosférico atingiram seu ponto mais alto dos últimos 15 milhões de anos, enquanto a forçante radiativa global continua a aumentar, resultando em um aquecimento persistente que se intensificou desde o final do século XX. As temperaturas médias globais estão mais elevadas do que em qualquer outro período desde o surgimento das civilizações humanas na Terra.



**Mudança na integridade da biosfera:** A perda global da diversidade genética e a perda da integridade funcional, essa última medida pela energia disponível para os ecossistemas, já ultrapassa os níveis seguros e continua a se acelerar, especialmente em regiões de uso intensivo da terra. A significativa redução na integridade da biosfera levanta preocupações sobre a diminuição da resiliência e da capacidade adaptativa da biosfera da Terra, comprometendo sua habilidade de mitigar diversas pressões, incluindo aquelas decorrentes da transgressão de outros PBs.



**Mudança no uso do solo:** Devido às transformações no uso da terra e, cada vez mais, aos impactos da mudança climática, as florestas globais e regionais vêm sofrendo um declínio contínuo nas últimas décadas em todos os principais biomas florestais. A maioria das regiões já se encontra na zona de alto risco, muito além dos limites de segurança, enquanto algumas áreas ultrapassaram esses níveis apenas recentemente, como é o caso das florestas temperadas e tropicais das Américas.



**Mudança nos recursos de água doce:** Os desvios locais no fluxo de água e na umidade do solo aumentaram significativamente desde o final do século XIX, ultrapassando seus respectivos PBs já no início do século XX. O aumento da variabilidade e da instabilidade nos sistemas globais de água doce e terrestre levanta preocupações crescentes com a gestão dos recursos hídricos e a estabilidade ambiental.



**Modificação de fluxos biogeoquímicos:** O uso excessivo de fósforo e nitrogênio na agricultura ultrapassou os níveis de segurança, desencadeando mudanças ecológicas significativas. A transgressão desse limite tem resultado em impactos ambientais graves, como poluição da água, eutrofização, proliferação de algas nocivas e a formação de “zonas mortas” em ecossistemas de água doce e marinhos. Embora esse problema tenha sido predominante em países industrializados por um longo tempo, ele vem se tornando uma preocupação crescente também em regiões em desenvolvimento.



**Introdução de novos agentes artificiais:** A introdução global de agentes artificiais - incluindo produtos químicos sintéticos, plásticos e organismos geneticamente modificados - é vasta, mas grande parte dessas substâncias ainda não foi testada quanto aos seus impactos ambientais. Isso indica que o limite já tenha sido ultrapassado, embora os números exatos permaneçam incertos. Novos agentes artificiais podem interromper processos críticos do sistema terrestre, como os CFCs, que causaram danos notáveis à camada de ozônio. Além disso, podem comprometer ecossistemas, como no caso dos pesticidas, que têm contribuído para o declínio acentuado de populações de insetos e polinizadores. Esses impactos podem levar a mudanças ambientais de longo prazo, possivelmente irreversíveis, incluindo a contaminação do solo e dos corpos d'água e a alteração dos habitats naturais.

Embora a acidificação dos oceanos esteja próxima de transgredir seu PB, os três processos que ainda permanecem dentro do espaço operacional seguro são:



**Acidificação dos oceanos:** A Acidificação dos Oceanos está se aproximando de um limiar crítico, com declínios significativos na saturação de aragonita da superfície, especialmente em regiões de alta latitude como o Ártico e o Oceano Antártico. Essas áreas desempenham um papel essencial no bombeamento de carbono marinho e nos ciclos globais de nutrientes, sustentando a produtividade marinha, a biodiversidade e a pesca global. A crescente acidificação representa uma ameaça cada vez maior para os ecossistemas marinhos, especialmente para organismos que dependem do carbonato de cálcio para a formação de conchas e esqueletos.



**Carga de aerossóis atmosféricos:** A diferença na profundidade óptica do aerossol entre os hemisférios está diminuindo, indicando um progresso em direção a níveis mais seguros, embora alguns padrões regionais mostrem tendências opostas. Os aerossóis atmosféricos influenciam o balanço energético da Terra, refletindo parte da luz solar de volta ao espaço e influenciando a formação de nuvens. Esses efeitos impactam diretamente os sistemas climáticos globais e regionais, afetando a regulação da temperatura, os padrões de precipitação e a distribuição da energia solar. O gerenciamento adequado dos níveis de aerossóis é fundamental para garantir a estabilidade do sistema climático da Terra, prevenindo alterações que possam desestabilizar padrões climáticos e comprometer ecossistemas.



**Diminuição da camada de Ozônio estratosférico:** A recuperação do ozônio atingiu um patamar de estabilização, com tendências mistas e desafios contínuos para lidar com o buraco na camada de ozônio da Antártida. A camada de ozônio estratosférico desempenha um papel essencial na proteção da Terra contra a radiação ultravioleta (UV) excessiva. Essa barreira natural é essencial para a integridade dos sistemas biológicos, pois a exposição elevada à radiação UV pode comprometer o fitoplâncton, desestabilizar ecossistemas marinhos e impactar o crescimento das plantas terrestres, elementos fundamentais para a cadeia alimentar global e o ciclo do carbono. A estabilização e recuperação da camada de ozônio é indispensável para a preservação desses processos interconectados do sistema terrestre.

## Uma nova era

Por mais de 10.000 anos, a humanidade prosperou em um período de estabilidade climática e um sistema terrestre resiliente, condições que permitiram o desenvolvimento de tecnologias e culturas avançadas. No entanto, como destaca o relatório de Avaliação da Saúde Planetária de 2024, estamos entrando em uma nova e perigosa era, caracterizada pelo aumento dos sintomas de transgressões dos PBs, incluindo eventos climáticos extremos mais frequentes, incêndios florestais, redução da produtividade das plantas e escassez de água. Esses desafios são agravados por uma população global em crescimento que precisará enfrentar dificuldades sem precedentes. Além dessas preocupações imediatas, uma ameaça ainda mais profunda reside no enfraquecimento gradual da resiliência do sistema terrestre. À medida que nos aproximamos - e possivelmente ultrapassamos - pontos críticos, essas mudanças graduais podem não levar a rupturas abruptas, mas sim desencadear tendências irreversíveis, como a elevação acelerada do nível do mar e caminhos de autorreforço que nos afastam ainda mais das condições estáveis do Holoceno, essenciais para a manutenção vida humana.

A interconexão dos processos de PBs implica que, para enfrentar um desafio específico, como limitar o aquecimento global a 1,5°C, é necessário abordar todos os PBs de forma integrada. Embora essa abordagem holística, embora assustadora, oferece o potencial de transformar o que parece ser um fardo em uma oportunidade para o progresso sustentável. A reversão dos diversos fatores que atualmente levam sistemas para pontos críticos pode gerar efeitos sinérgicos de conservação e resiliência. No entanto, para que essa transição ocorra de maneira eficaz, é fundamental uma ação global imediata e coordenada, envolvendo governos, empresas e a sociedade civil. Somente por meio desse esforço conjunto será possível retornar ao espaço operacional seguro em todos os PBs e garantir um futuro próspero para as pessoas e o planeta.

## Um caminho a seguir

No futuro próximo, a PBScience pretende estabelecer uma Iniciativa de Limites Planetários (do inglês, **Planetary Boundaries Initiative**, PBI) mais ampla, em colaboração com uma rede crescente de parceiros. O principal objetivo da PBI é fornecer suporte à tomada de decisão para orientar o desenvolvimento global de volta ao espaço operacional seguro. Para isso, utilizará a estrutura de PBs como um sistema de contabilidade científica, capaz de nortear políticas, estimular a inovação e impulsionar mudanças transformadoras.

Para alcançar esse objetivo, o PHC desempenha papel central, iniciando com relatórios anuais que atualizam a ciência dos PBs e monitoram o progresso da humanidade no retorno a níveis de limites seguros. A abordagem inclui a introdução de novas variáveis de controle, focadas nas interfaces do sistema humano; o avanço dos modelos de simulação do sistema terrestre, incorporando análises baseadas em Inteligência Artificial (IA); e o desenvolvimento de um painel de controle quase em tempo real, fornecendo dados para orientar investimentos e caminhos para a segurança. Além disso, o PBI também enfatiza a importância da conscientização pública e da disseminação do conhecimento científico. Para isso, conta com uma equipe de comunicação trabalhando para tornar essas informações amplamente acessíveis.



## GLOSSÁRIO

Termo em inglês	Tradução	Explicação
Planetary Boundary / Boundaries	Limites Planetários	Limites planetários representam as fronteiras dentro das quais a humanidade pode atuar de forma segura, sem provocar impactos significativos no meio ambiente. Eles definem os limites externos do espaço operacional seguro para a humanidade, assegurando que a Terra permaneça em um estado semelhante ao do Holoceno.
Safe Operating Space	Espaço Seguro de Operação	Estado do sistema terrestre que garante condições favoráveis para o desenvolvimento e a prosperidade da humanidade nas próximas gerações, mantendo características similares às do Holoceno.
Zone of Increasing Risk	Zona de Risco Crescente	A transgressão dos limites empurra o planeta para uma "Zona de Risco Crescente", onde a probabilidade de impactos negativos aumenta à medida que esses limites são ultrapassados de forma contínua.
High-Risk Zone	Zona de Alto Risco	Zona em que as condições se afastaram significativamente dos níveis seguros, aumentando a probabilidade de impactos ambientais graves e potencialmente irreversíveis.
Whole Earth Approach	Abordagem Global Completa	Trata-se de perspectiva holística que considera o planeta como um sistema interconectado, quer dizer, uma densa rede de elementos que interagem entre si. Essa abordagem destaca que todos os aspectos (ou limites) do planeta devem ser levados em conta ao avaliar as ações humanas. Por exemplo, o combate eficaz à mudança climática depende da preservação da integridade da biosfera.
Control Variable	Variável de Controle	Variável utilizada como indicador representativo para estimar o estado ou a condição de um processo de limite planetário. Geralmente, são empregadas de 1 a 2 variáveis de controle por limite operacional para monitorar e avaliar o status do limite.
Planetary Health Check	Avaliação da Saúde Planetária	Análise abrangente do estado do planeta em relação aos limites planetários.
Climate Change	Mudança Climática	Alteração do equilíbrio radiativo do planeta Terra, como pelo acúmulo de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera.

(Change in) Biosphere Integrity	(Mudança na) Integridade da Biosfera	Redução na diversidade, na extensão e na saúde dos organismos vivos e dos ecossistemas.
Land System Change	Mudança no uso da terra	Transformação de paisagens naturais, como ocorre com o desmatamento e a urbanização.
Freshwater Change	Mudança na Água Doce	A alteração do ciclo hidrológico global.
(Modification of) Biogeochemical flows	(Modificação de) Fluxos biogeoquímicos	Perturbação dos ciclos globais de elementos químicos, como os de Nitrogênio e Fósforo.
Ocean Acidification	Acidificação dos Oceanos	Aumento da acidez (redução do pH) nas águas oceânicas, causado sobretudo pela absorção de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) da atmosfera.
Atmospheric Aerosol Loading	Carga de Aerossóis Atmosféricos	Aumento de partículas suspensas no ar, provenientes tanto de atividades humanas quanto de fontes naturais.
Stratospheric Ozone Depletion	Diminuição de camada de Ozônio estratosférico	Diminuição da camada de ozônio na estratosfera, causada principalmente por produtos químicos de origem humana.
Introduction of Novel Entities	Introdução de Novos Agentes Artificializados	Introdução de novas entidades abrange produtos químicos e substâncias sintéticas, materiais radioativos mobilizados por atividades humanas e intervenções antropogênicas em processos evolutivos, como organismos geneticamente modificados (OGMs) e outras modificações diretas na evolução.
CO <sub>2</sub> concentration	Concentração de CO <sub>2</sub>	Concentração de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) na atmosfera.
Radiative Forcing	Forçante radiativa	Medida direta da alteração no balanço de energia no topo da atmosfera que indica a quantidade de energia sendo adicionada ou removida do sistema climático da Terra. Essa métrica abrange todas as atividades humanas que impactam o balanço energético do planeta, incluindo emissões de CO <sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa (como Metano e Óxido Nitroso), aerossóis e mudanças no uso da terra.

Phosphorus Cycle	Ciclo do Fósforo	Trata-se de elemento químico essencial para o crescimento das plantas, sendo comumente utilizado como fertilizante nas lavouras. O "Ciclo do Fósforo" inclui todos os processos naturais que movimentam o Fósforo através de plantas, animais, solos, rochas e corpos d'água
Nitrogen Cycle	Ciclo do Nitrogênio	Trata-se de elemento químico essencial para o crescimento das plantas, sendo comumente aplicado como fertilizante nas lavouras. O "Ciclo do Nitrogênio" abrange todos os processos naturais que movimentam o Nitrogênio entre plantas, animais, solos, corpos d'água e a atmosfera.
Green Water	Água verde (água disponível no solo para vegetação)	Água doce disponível para as plantas (ou seja, a umidade do solo).
Blue Water	Água azul (água superficial)	Água doce presente em lagos, rios e reservatórios.
Functional Integrity	Integridade Funcional	O funcionamento da vida na Terra é avaliado pela quantidade de energia que a natureza absorve através da fotossíntese, conhecida como "produtividade do ecossistema". Esse processo é medido pelo grau em que as atividades humanas, como agricultura, silvicultura e urbanização modificam a produtividade dos ecossistemas e extraem energia por meio da coleta de recursos para uso e consumo humano.
Genetic Diversity	Diversidade Genética	A diversidade da vida terrestre é avaliada pelo número de espécies diferentes que estão sendo extintas.
Tipping Point	Ponto Crítico	Limiar crítico em um sistema, além do qual as mudanças tornam-se autossustentáveis, resultando em impactos substanciais, generalizados, frequentemente abruptos e, muitas vezes, irreversíveis
Tipping Element	Elemento Crítico	Componente do sistema terrestre que pode atingir um ponto crítico, resultando em mudanças significativas e frequentemente irreversíveis em seu estado. Exemplos incluem as camadas de gelo, as correntes oceânicas e os ecossistemas em grande escala.
Drivers of Transgression	Fatores de transgressão	Atividades humanas que contribuem para exceder ou violar os limites planetários, forçando o sistema terrestre a sair de seu espaço operacional seguro. Exemplos incluem a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e a poluição.