



CIÊNCIA AMBIENTAL

*Análise Crítica do Artigo*

# INTEGRATED CLIMATE, PEST, AND DISEASE RISK INDICATORS FOR PINUS PLANTATIONS UNDER CURRENT AND FUTURE CLIMATES

*Rafael Gonçalves Xavier*

*Fabrina Bolzan Martins*

*Cassia Gabriele Dias*

**Flávio Henrique Boim de Souza**



# SOBRE O ARTIGO



**Autores:** Rafael Gonçalves Xavier, Fabrina Bolzan Martins e Cassia Gabriele Dias

**Título:** *Integrated Climate, Pest, and Disease Risk Indicators for Pinus Plantations Under Current and Future Climates*

**Tema:** Climatologia/Ecologia

**Períódico:** *EARTH SYSTEMS AND ENVIRONMENT*

**ISSN:** 2509-9434

**Ano de Publicação:** 2026

**Classificação Qualis/CAPES:** A1

**DOI:** doi.org/10.1007/s13280-026-02413-y

Earth Systems and Environment  
<https://doi.org/10.1007/s41748-026-01195-3>

## ORIGINAL ARTICLE

### Integrated Climate, Pest, and Disease Risk Indicators for Pinus Plantations Under Current and Future Climates

Rafael Gonçalves Xavier<sup>1</sup>  · Fabrina Bolzan Martins<sup>1</sup>  · Cassia Gabriele Dias<sup>1</sup> 

Received: 13 November 2025 / Revised: 26 March 2026 / Accepted: 15 April 2026  
© The Author(s) 2026

# CONTEXTUALIZAÇÃO

**Mudanças Climáticas** já causam um **impacto** direto no setor **econômico** brasileiro



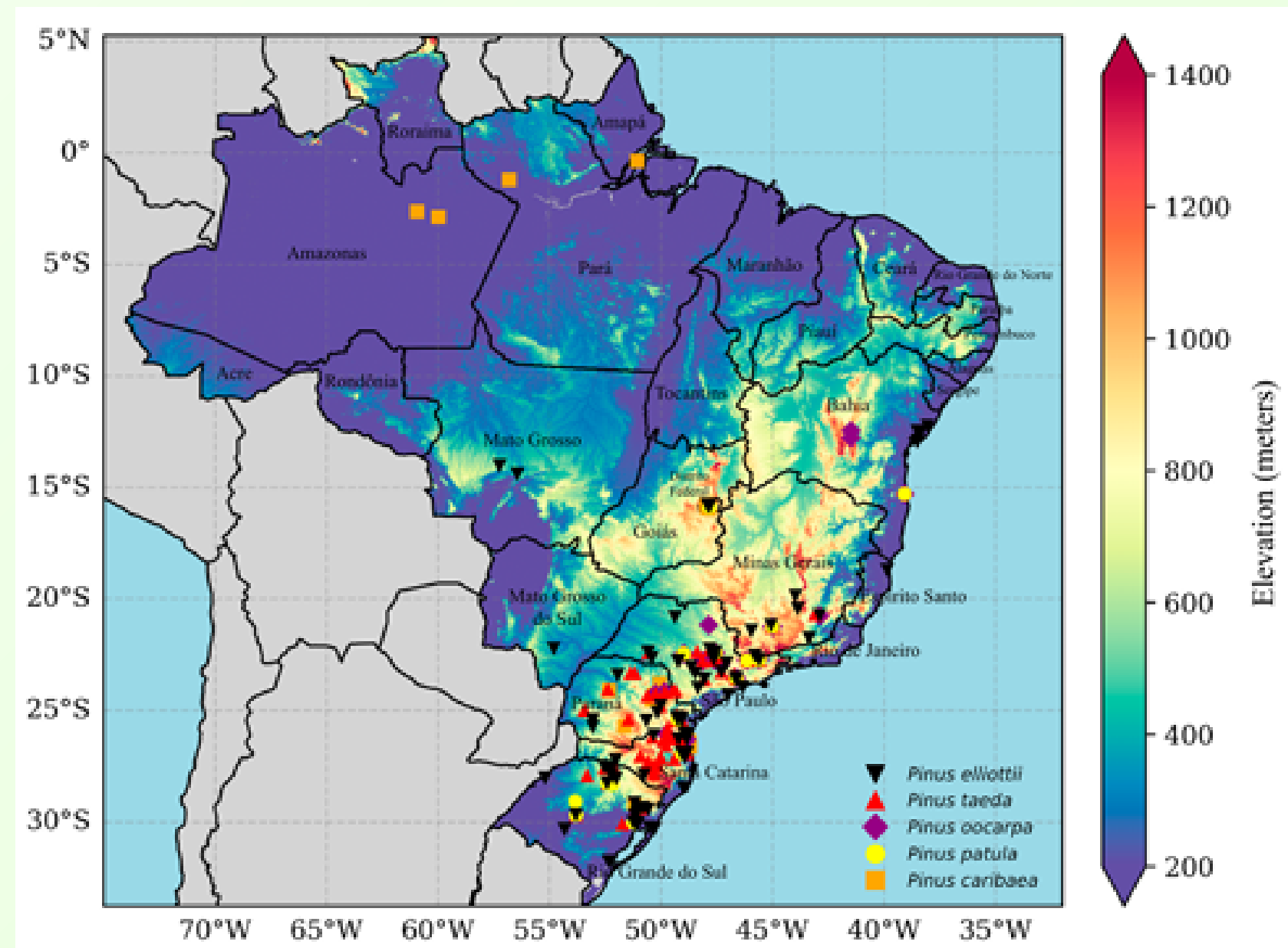
Gênero *Pinus* é o segundo grupo florestal mais economicamente importante para o setor florestal brasileiro



O aquecimento global e as alterações no regime de chuvas impõem estresses térmicos e hídricos ao *Pinus*.



Vulnerabilidade a pragas (vespa-da-madeira) e doenças fúngicas, cujos ciclos são acelerados pelo aumento de temperatura



Distribuição de espécies de Pinus no Brasil. FONTE: XAVIER *et al.* 2026

## OBJETIVO DO ARTIGO:

Aplicar um conjunto integrado de indicadores de risco — fatores climáticos, estresses hídricos/térmicos e a suscetibilidade a pragas e doenças — para avaliar as vulnerabilidades das plantações de Pinus no Brasil para o século XXI



# CONTEXTUALIZAÇÃO

## LACUNA

**Embora existam indicadores de risco para culturas agrícolas e outras áreas, faltam estudos focados em espécies florestais comerciais utilizando projeções climáticas atuais e futuras, com maior abrangência de fatores.**



*Pinus spp.*



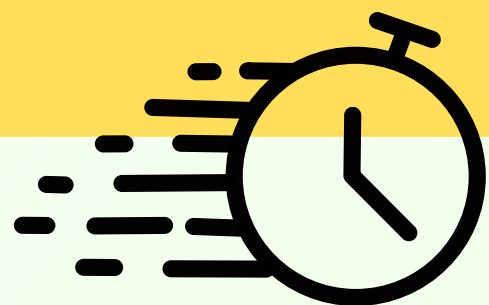
## PERÍODOS AVALIADOS

**PERÍODO DE REFERÊNCIA**  
**(BASELINE):**  
**1995 – 2014**

### **PROJEÇÕES FUTURAS:**

**Futuro Próximo**  
**(2041 – 2060)**

**Futuro Distante**  
**(2081 – 2100)**



# METODOLOGIA



Definição da área do *Pinus* no Brasil e uso de dados climáticos de 16 Modelos de Circulação Geral (GCMs)



Definição de indicadores que envolvem os fatores climáticos, pragas e doenças, associados ao balanço hídrico e dados do solo



Uso de Validação e Correlação para análises



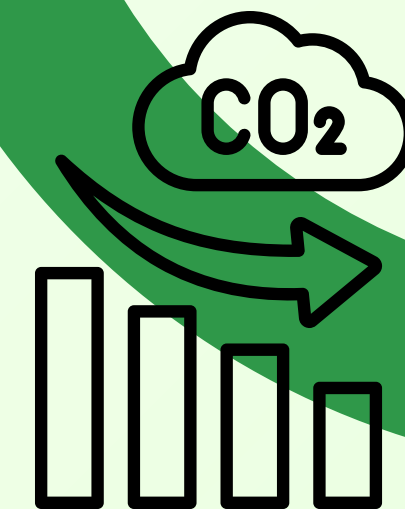
Elaboração de Mapas e Análise Espacial de Riscos

# METODOLOGIA

## PROJEÇÕES EM CENÁRIOS SOCIOECONÔMICOS (SSPS)

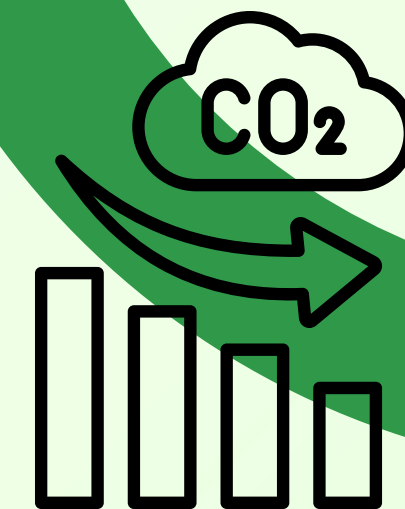
SSP3-7.0 – Altas emissões de poluentes atmosféricos, rivalidade regional e forte presença de aerossóis

SSP5-8.5 – Forte dependência de combustíveis fósseis e altas emissões



# METODOLOGIA

## PROJEÇÕES EM CENÁRIOS SOCIOECONÔMICOS (SSPS)



SSP3-7.0 – Altas emissões de poluentes atmosféricos, rivalidade regional e forte presença de aerossóis

SSP5-8.5 – Forte dependência de combustíveis fósseis e altas emissões

## DESENVOLVIMENTO DOS INDICADORES DE RISCO



### CLIMÁTICOS

Necessidade hídrica  
Déficit hídrico  
Temperatura basal  
Temperatura máxima  
Perda de Produtividade



### PRAGAS

Vespa-da-madeira  
Pulgões-do-pinheiro  
Gorgulhinho-do-pinhão  
Formigas-cortadeiras  
Pulgão-lanigero



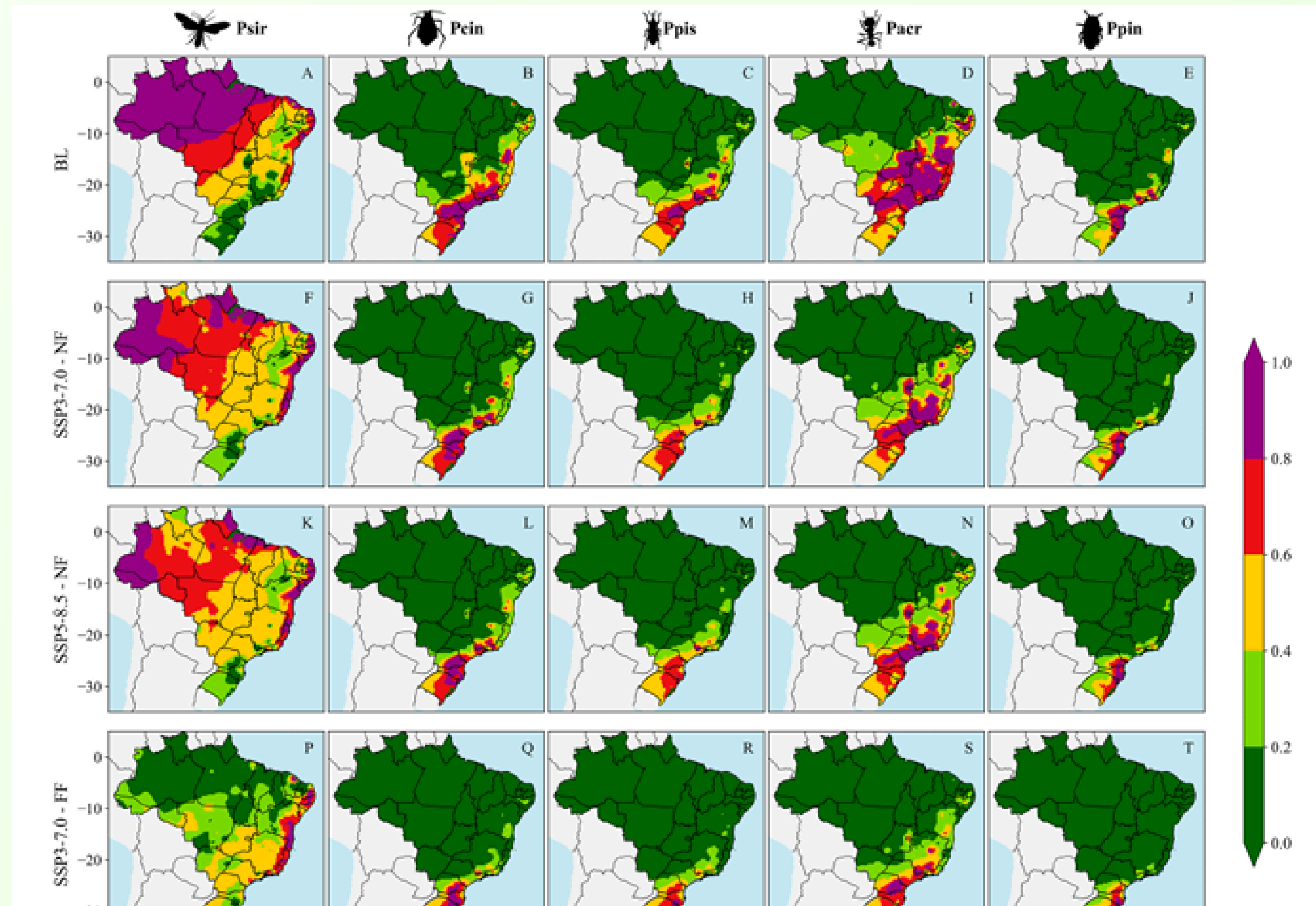
### DOENÇAS

Tombamento  
Podridão da Raiz *Armillaria*  
Queima de acículas de *Calonectria* e *Dothistroma*  
Murcha ou queima

# RESULTADOS

FONTE: XAVIER *et al.* 2026

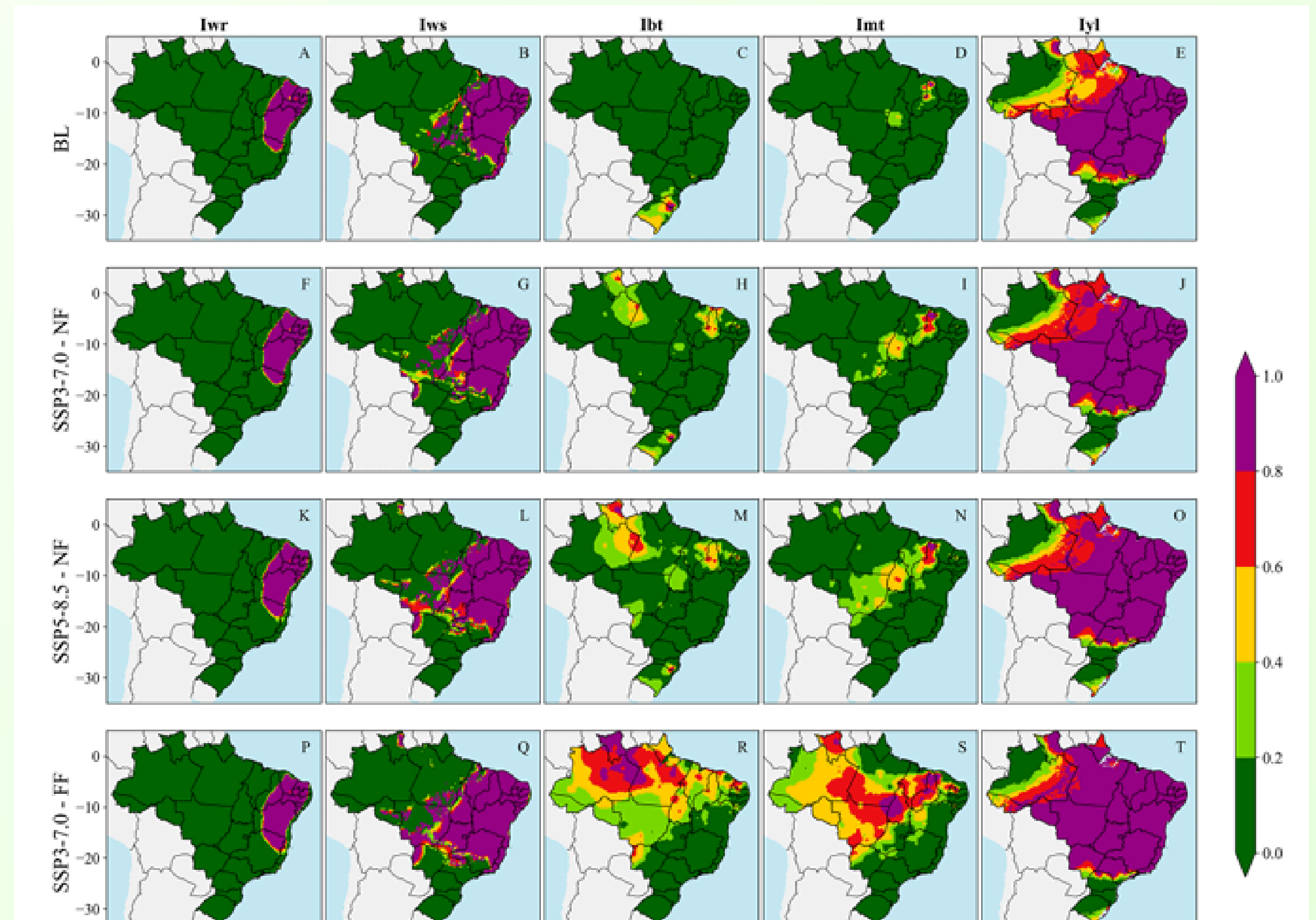
*Distribuição espacial  
dos riscos para o  
cultivo de Pinus no  
Brasil com base em  
indicadores de  
suscetibilidade a  
pragas*



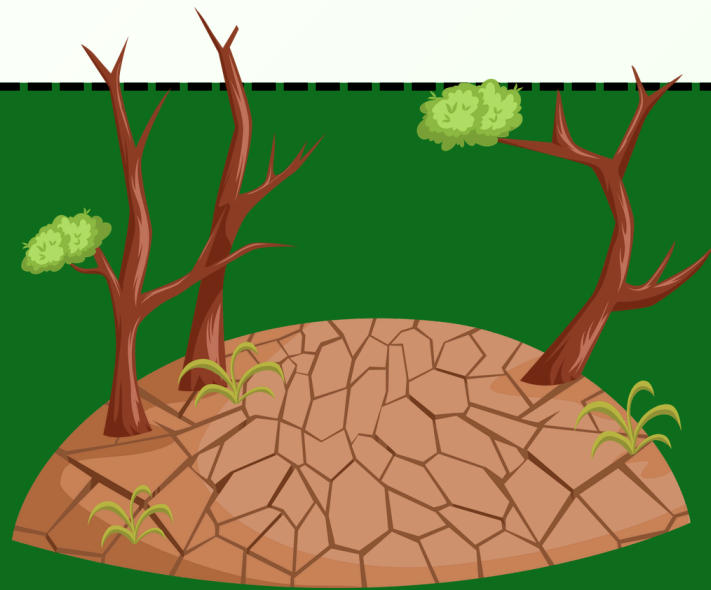
# RESULTADOS

FONTE: XAVIER *et al.* 2026

*Distribuição espacial  
dos riscos para o  
cultivo de Pinus no  
Brasil com base em  
indicadores de dados  
climáticos*



# CONCLUSÕES



O estresse hídrico será a maior ameaça ao cultivo de Pinus no Brasil, atingindo cerca de 84% da área de estudo com níveis de risco moderado a muito alto.



Os maiores riscos futuros para as plantações estarão associados à murcha de ponteiro (58–66% da área), e ao estresse térmico por temperaturas basais (5–64%)



Devido às projeções de aumento expressivo nas temperaturas do ar e à redução da umidade relativa, o risco de pragas sofrerá redução

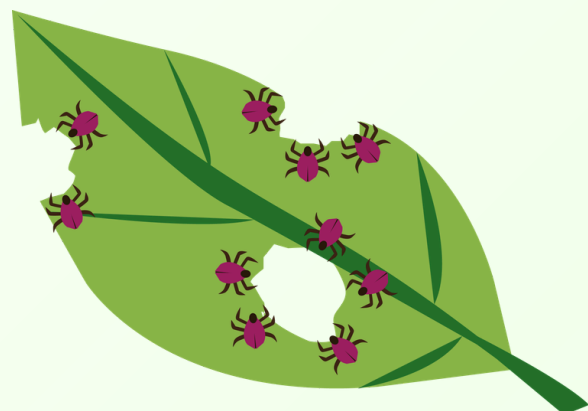
# PONTOS POSITIVOS



Uso de Modelos Climáticos de Última Geração e Alta Resolução, da iniciativa NEX-GDDP-CMIP6, o que reduz incertezas e garante maior confiabilidade e precisão espacial para as projeções no território brasileiro



Abordagem Metodológica Integrada e Abrangente, principalmente com bastante valor na inclusão de indicadores de pragas e doenças, demonstrando possíveis susceptibilidades em diferentes períodos temporais

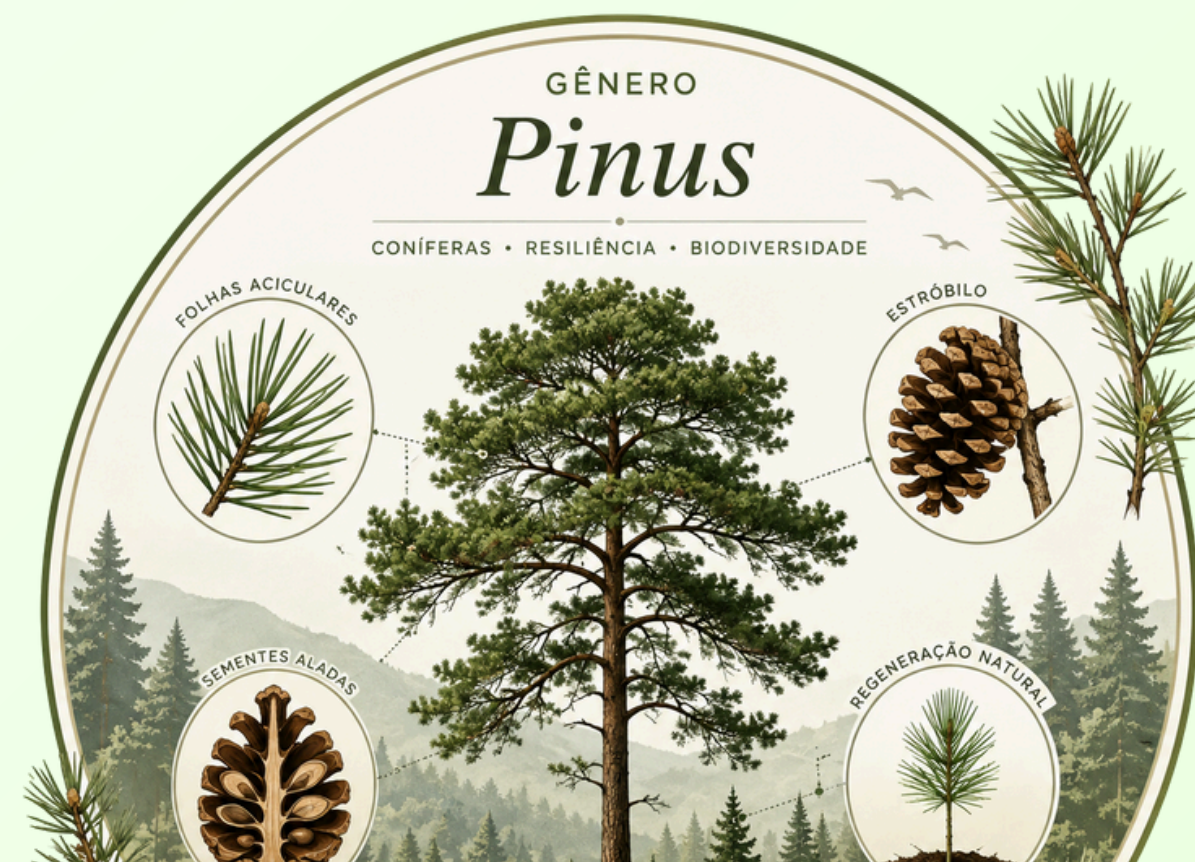


Conexão Prática com Medidas de Adaptação Florestal, para propor estratégias de manejo e de baixo impacto, servindo como um guia prático para o planejamento e a sustentabilidade a longo prazo do setor florestal brasileiro.

# LACUNAS



Foco exclusivo no clima e patógenos bióticos, desconsiderando fatores socioeconômicos e de manejo dinâmico



Generalização de parâmetros para o gênero *Pinus*



CIÊNCIA AMBIENTAL

# OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

*Análise Crítica do Artigo*

## INTEGRATED CLIMATE, PEST, AND DISEASE RISK INDICATORS FOR PINUS PLANTATIONS UNDER CURRENT AND FUTURE CLIMATES

*Rafael Gonçalves Xavier  
Fabrina Bolzan Martins  
Cassia Gabriele Dias*

**Flávio Henrique Boim de Souza**

