

NOVOS ARRANJOS DE

# **PESQUISA e INOVAÇÃO do PARANÁ**

(NAPIs)

**Giani Carla Ito**  
Organizadora

**EDUT**FPR

NOVOS ARRANJOS DE

**PESQUISA e  
INOVAÇÃO do  
PARANÁ**

(NAPIS)



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Reitor	Everton Ricardi Lozano da Silva
Vice-Reitora	Vanessa Ishikawa Rasoto
Diretor de Comunicação	Thiago de Sousa Costa
Diretora-Adjunta de Comunicação	Francielly Orlandini Capristo Ferraro



EDITORA DA UTFPR

Coordenadora-Geral	Giani Carla Ito
Coordenadora-Adjunta	Paulla Rosâne dos Santos Coelho Pereira
Coordenação de Revisão e Normalização	Tatiana Campos da Hora Soares

Nos termos da Política Editorial da EDUTFPR, registra-se que esta obra não foi submetida à apreciação do Conselho Editorial, uma vez que sua publicação decorre de edital específico, aprovado e financiado pela Fundação Araucária.

As opiniões e os conteúdos expressos neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a opinião do conselho editorial.



Associação Brasileira  
das Editoras Universitárias

NOVOS ARRANJOS DE

# **PESQUISA e INOVAÇÃO do PARANÁ**

(NAPIS)

**Giani Carla Ito**  
Organizadora

Curitiba, 2026

ED**UT**FPR



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

---

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação do Paraná (NAPIs) / organização Giani Carla Ito.  
-- Curitiba, PR : EDUTFPR, 2026.  
1 arquivo texto (350 p.): il.; 42,7 MB.

Inclui bibliografias.  
ISBN: 978-85-7014- 229-0

1. Arranjos produtivos locais - Paraná. 2. Inovações tecnológicas - Paraná. 3. Educação - Efeito das inovações tecnológicas. 4. Ciência - Desenvolvimento - Paraná I. Ito, Giani Carla. II. Título.

CDD: ed. 23 -- 333.79

---

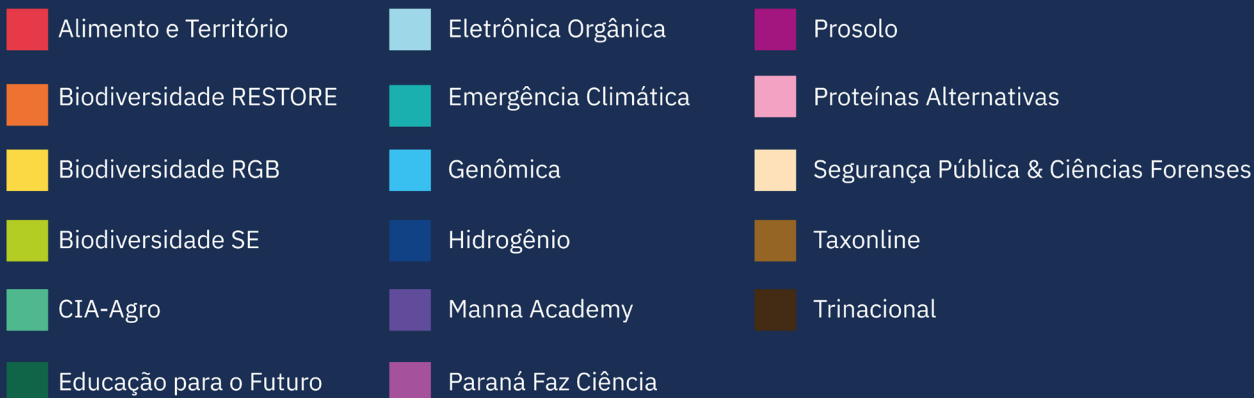
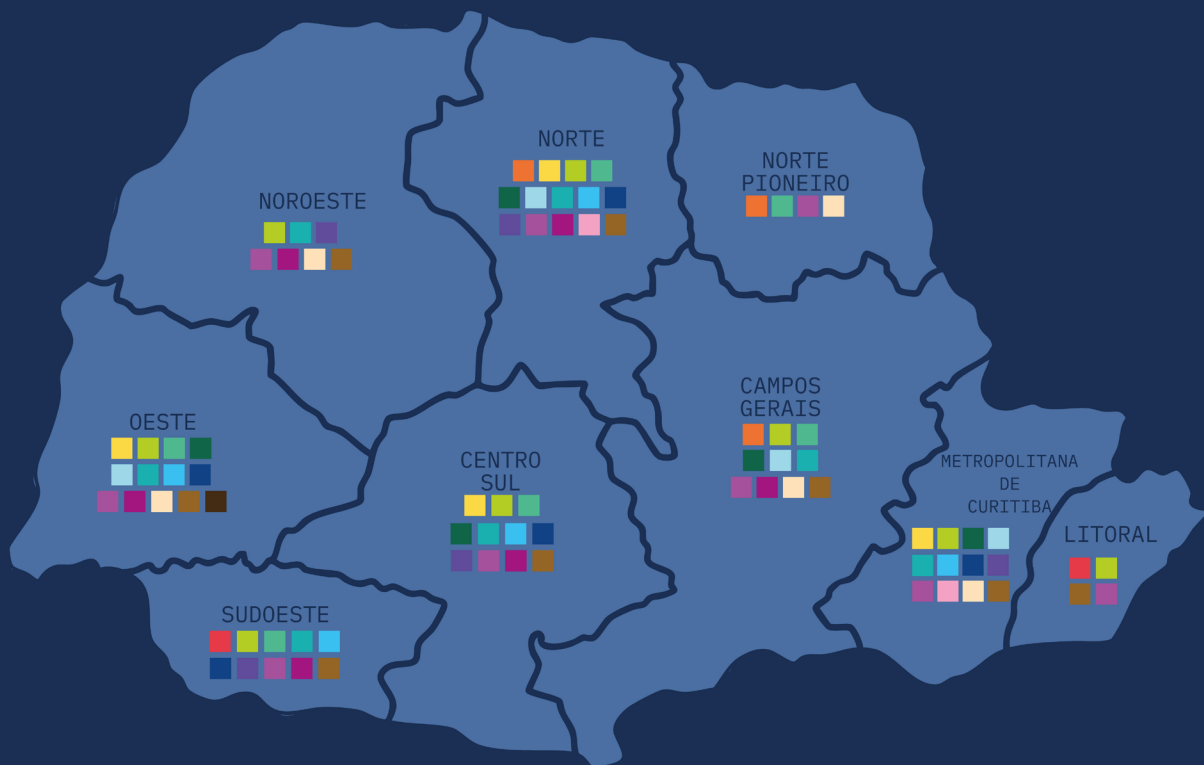
**Departamento de Bibliotecas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Bibliotecário: Adriano Lopes CRB-9/1429**

Revisão e normalização	Marília Garcia Boldorini
Projeto gráfico e diagramação	Bruna Ranyne Nunes Cardoso (Coelum Editorial)
Revisão de prova	Bárbara Rayne Nunes Cardoso (Coelum Editorial)
Capa	Bruna Ranyne Nunes Cardoso (Coelum Editorial)

#### **EDUTFPR**

Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Av. Sete de Setembro, 3165  
80230-901 Curitiba PR  
[utfpr.edu.br/editora](http://utfpr.edu.br/editora) [editora.utfpr.edu.br](http://editora.utfpr.edu.br)

# Impacto dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação nos Ecosistemas do PR



# Agradecimientos

---



A Editora da UTFPR (EDUTFPR) expressa seus sinceros agradecimentos a todos os que tornaram possível a realização desta obra.

Este livro é fruto do esforço coletivo dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação do Paraná (NAPIs), que, com dedicação e compromisso, contribuem para o fortalecimento da ciência, da inovação e do desenvolvimento sustentável em nosso Estado.

Agradecemos à Fundação Araucária, em especial às suas equipes técnicas e administrativas, cujo trabalho comprometido e atento junto aos pesquisadores e pesquisadoras dos NAPIs tem sido essencial para o fortalecimento das políticas de ciência, tecnologia e inovação no Paraná. Reconhecemos também o apoio da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI) e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), cujo suporte institucional e incentivo foram fundamentais para a consolidação deste livro.

Registramos também nossa gratidão às equipes editoriais, aos autores e autoras, revisores e revisoras, à equipe de designers e a todos os colaboradores envolvidos, que, com competência e empenho, possibilitaram a concretização desta publicação.


Por fim, agradecemos a cada pesquisador e pesquisadora que, ao integrar os NAPIs, reafirma diariamente o compromisso com a produção de conhecimento científico de excelência e com a construção de caminhos que fortalecem a Ciência, Tecnologia e Impacto Regional, em prol do avanço acadêmico, tecnológico e econômico do Paraná.

**EDUTFPR**

Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

# Sumário

<b>Prefácio</b>	<b>12</b>	<b>Ecosistema de Inovação - Agropecuária</b>	<b>46</b>
Aldo Nelson Bona		<b>NAPI Alimento e Território: promovendo o desenvolvimento territorial sustentável</b>	<b>47</b>
<b>Apresentação</b>	<b>14</b>	Valdir Frigo Denardin	
Giani Carla Ito		Diomar Augusto de Quadros	
<b>História da UTFPR e o papel de sua editora na difusão do conhecimento científico</b>	<b>19</b>	Serinei César Grígolo	
Giani Carla Ito		Joel Donazzolo	
<b>Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação: coprodução do conhecimento e promoção de ecossistemas de ciência, tecnologia e inovação</b>	<b>26</b>	Antônio Marcio Haliski	
Ramiro Wahrhaftig		Marcos Aurélio Saquet	
Luiz Márcio Spinosa		<b>NAPI Biodiversidade: RESTORE</b>	<b>65</b>
Gerson Koch		Mariana Fernandes Hertel	
		Karla Cristina Tyskowski Teodoro Rodrigues	
		Carlos André Stuepp	
		Rosimeri de Oliveira Fragoso	
		Jesiane Stefania da Silva Batista	
		Lindamir Hernandez Pastorini	
		André Luiz Martinez de Oliveira	
		Halley Caixeta de Oliveira	



**NAPI Biodiversidade:  
recursos genéticos  
e biotecnologia**

83

André Luiz Martinez de Oliveira  
Armando Mateus Pomini  
Christopher Thomas Blum  
Halley Caixeta de Oliveira  
Renata Stolf Moreira  
Fabiana Gisele da Silva Pinto  
Jesiane Stefania da Silva Batista  
Lindamir Hernandez Pastorini  
Nelson Luiz Cosmo  
Paulo Roberto da Silva

**NAPI Centro de  
Inteligência Artificial no Agro**

114

Marcelo Giovanetti Canteri  
Daniel dos Santos Kaster  
Bruno Bogaz Zarpelão  
Fabrício Martins Lopes  
Natássya Barlate Floro da Silva  
Sérgio José Alves  
Rodrigo Yoiti Tsukahara  
Maurício Conrado Meyer  
Sylvio Barbon Junior  
Fernanda Neves Paduan

**NAPI Biodiversidade:  
serviços ecossistêmicos**

98

Claudia Costa Bonecker  
Ana Alice Aguiar Eleuterio  
Claudia Bueno dos Reis Martinez  
Dayani Bailly  
Isabela Galarda Varassin  
José Marcelo Domingues Torezan  
Marcos Robalinho Lima  
Sílvia Helena Sofia  
Victor Pereira Zwiener  
Luiz Felipe Machado Velho

**NAPI ProSolo: manejo e  
conservação do solo e da  
água no Paraná**

131

Graziela Moraes de Cesare Barbosa  
Cristiano André Pott  
André Pellegrini  
Neyde Fabiola Balarezo Giarola  
Edison Schmidt Filho

**Novo Arranjo de  
Pesquisa e Inovação em Proteínas  
Alternativas**

146

Carla Forte Maiolino Molento  
Gabriel Mendes  
Germano Glufke Reis  
Rodrigo Luiz Morais da Silva  
Susan Grace Karp  
Renata Bachin Mazzini Guedes  
Paula Toshimi Matumoto Pinto  
Renata Ernlund Freitas de Macedo  
Carlos Ricardo Soccol

**NAPI Taxonline, Rede  
Paranaense de Coleções  
Biológicas: conservação da  
biodiversidade e aplicações  
tecnológicas**

166

Luciane Marinoni  
Carla Simone Pavanelli  
Vânia Aparecida Vicente  
Ana Caroline Lima  
Isaac Reis Jorge

**Ecosistema de  
Inovação - Energias  
Renováveis**

182

**NAPI Emergência  
Climática**

183

Francisco de Assis Mendonça  
Eloy Fassi Casagrande Júnior  
Gilson Campos Ferreira da Cruz  
Ricardo Henrique Moreton Godoi  
Reginaldo Ré  
Luiz Fernando Esser  
Luciene Pimentel da Silva  
Camila Bertoletti Carpenedo  
Gabriela Goudard  
Irene Carniatto de Oliveira  
Libia Patricia Peralta Agudelo

**Ações do NAPI  
Hidrogênio no contexto de  
transição energética do estado do  
Paraná**

205

Maurício Romani  
Roberta Carolina Pelissari Rizzo Domingues  
Lígia Gomes Oliveira  
Joel Gustavo Teleken  
Carlos Eduardo Borba  
André Lazarin Gallina  
Deize Dias Lopes  
Rodrigo Brackmann  
Lúcio Cardozo Filho  
Helton Jose Alves

**NAPI Trinacional:  
desenvolvimento sustentável da  
Região Trinacional  
2020–2040 (fase 2)**

221

Samuel Klauck  
Adriana Brandt Rodrigues  
Cecília Maria de Morais Machado Angileli  
Gustavo de Oliveira Vieira  
Claudia Enrech-Xena  
Lila Patrícia Voefrey  
Gilson Batista de Oliveira  
Noelia Fernanda Mallorquin Ortellado

**Ecosistema de  
Inovação: Saúde**

236

**NAPI Genômica**

237

David Livingstone Alves Figueiredo  
Roberto Hirochi Herai  
Taciane Finatto  
Angelica Beate Winter Boldt  
Luciane Regina Cavalli  
Sergio Paulo Dejato da Rocha  
Juliana Sartori Bonini  
Andrea Name Colado Simão  
Lidiane Aparecida Fernandes  
Camila Rickli

**Ecosistema de Inovação: Transformação Digital** 259

**Pesquisa e formação docente na educação pública: a atuação do NAPI Educação do Futuro** 260

Maria Aparecida Crissi Knuppel  
Nestor Cortez Saavedra Filho  
José António Marques Moreira  
Paola Andressa Scortegagna  
Adriana Regina de Jesus  
Ilka Marcia Ribeiro de Souza Serra  
Christian Luiz da Silva  
Fabiane Freire França  
Mario Prokopiuk

**NAPI Eletrônica Orgânica** 279

Andreia Gerniski Macedo  
Douglas José Coutinho  
Roberto Mendonça Faria  
Michelle Sostag Meruvia  
Paula Cristina Rodrigues  
Karen Wohnrath  
Edson Laureto  
Jarem Raul Garcia  
Christiana Andrade Pessôa  
Alexandre Urbano

**NAPI Manna Academy: Tecnologias, Pessoas, Lugares e Futuros Exponenciais** 296

Linnyer Beatrys Ruiz Aylon  
Rodrigo Calvo  
Wuigor Bine  
Bianca Moggjo  
Tiago Madrigar

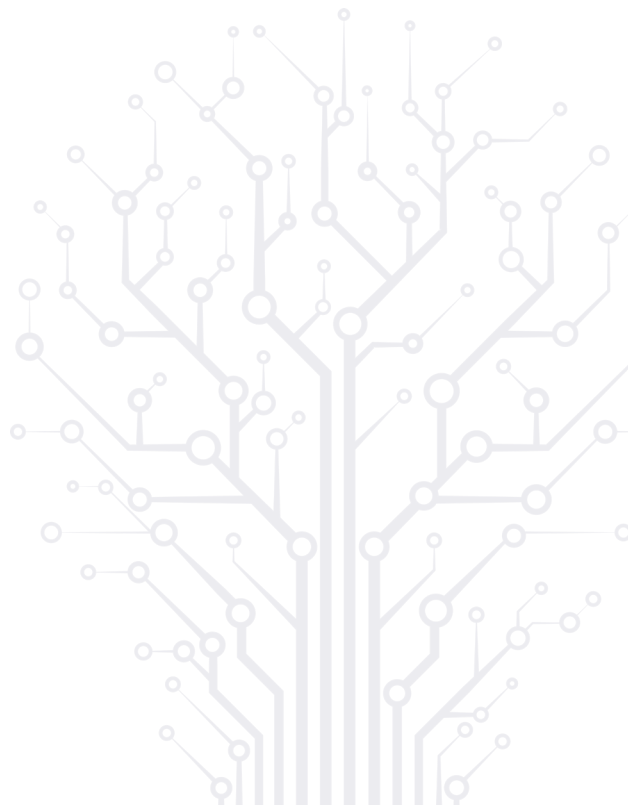
**NAPI Paraná Faz Ciência** 309

Tamara Dias Domiciano  
Cibele de Biasi  
Rodrigo Arantes Reis  
Debora de Mello Gonçalves Sant'Ana

**NAPI Segurança Pública e Ciências Forenses** 327

Andressa Galli  
Anelize Bahniuk Rumbelsperger  
Carlos Ricardo Maneck Malfatti  
Caroline da Ros Montes D'Oca  
Emílio Merino de Paz Júnior  
João Irineu de Resende Miranda  
Juan Vítor Pinheiro da Silva  
Luiz Rodrigo Grochocki  
Marcio Fernandes  
Wilma Maria Vieira

**Colaboradores** 347



# Prefácio

---

Inspiração para a  
geração de impacto  
social

A Política Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação do Paraná (Pecti), instituída como instrumento orientador das ações públicas em ciência, tecnologia e inovação (CT&I), fundamenta-se em três diretrizes estruturantes: o fortalecimento do sistema estadual de CT&I, a geração de riqueza com bem-estar social e o desenvolvimento sustentável dos territórios. É com base nesse marco que os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs) emergem como uma das principais estratégias da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná e da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná para promover a transformação sistêmica da pesquisa e da inovação no estado.

Desde sua criação pela Fundação Araucária em 2019, os NAPIs têm operado como plataformas dinâmicas de articulação entre universidades, setor produtivo, governo e sociedade civil – traduzindo, na prática, o conceito de hélice quádrupla, que orienta nossa política. Ao priorizarem missões estratégicas, mobilizarem inteligência territorial, incentivarem a coprodução do conhecimento e adotarem governança colaborativa, os NAPIs exemplificam uma política pública de nova geração centrada em resultados, em valores públicos e no enfrentamento de desafios complexos.

Este livro, produzido por lideranças técnicas da Araucária, registra com clareza e profundidade o caminho percorrido, os fundamentos teóricos e os resultados já alcançados por essa política. Mais do que uma prestação de contas, trata-se de uma reflexão estratégica sobre como transformar estruturas institucionais e culturais por meio da ciência orientada por missões e da inovação conectada ao território.

Ao institucionalizarmos os NAPIs como parte integrante da Pecti do Paraná, reafirmamos nosso compromisso com um modelo de desenvolvimento baseado no conhecimento, na colaboração intersetorial e na geração de impacto social e econômico concreto. Esperamos que esta publicação inspire gestores públicos, pesquisadores, empreendedores e formuladores de políticas de todo o país a construir soluções ancoradas em evidências, diálogo e compromisso com o bem comum.

Aldo Nelson Bona  
Secretário de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior  
Governo do Estado do Paraná

# Apresentação

---



As editoras universitárias públicas desempenham papel estratégico na difusão do conhecimento científico e tecnológico, atuando como pontes entre a produção acadêmica e a sociedade. Suas publicações refletem o compromisso institucional com a democratização da informação, a valorização da pesquisa nacional e o fortalecimento da ciência como bem público. Nesse contexto, a Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (EDUTFPR) apresenta a obra **NAPIs do Paraná: ciência, tecnologia e impacto regional**, resultado de uma construção coletiva que expressa, em profundidade, os avanços e desafios de uma política estadual inovadora.

A produção desta obra foi possível graças à Chamada Pública n.º 22/2023 – Programa de Apoio às Publicações Científicas: Fortalecimento de Editoras, promovida pela Fundação Araucária no âmbito de uma política estadual voltada à valorização da ciência e à qualificação da estrutura editorial universitária. Produzida pela EDUTFPR, a obra reafirma o papel das editoras públicas como mediadoras entre universidade e sociedade, ampliando o acesso ao conhecimento científico.

Esta publicação insere-se no contexto da Política Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação do Paraná, como um registro reflexivo sobre os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs) – uma estratégia da Fundação Araucária e da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (Seti), que vem reconfigurando a atuação em ciência, tecnologia e inovação no estado. Resultado do trabalho conjunto de lideranças técnicas, o livro documenta fundamentos, trajetória e impactos já alcançados desde sua implementação em 2019.

Mais do que relatar avanços, a publicação propõe uma visão sistêmica de desenvolvimento, baseada na coprodução do conhecimento, na governança colaborativa e na articulação entre universidade, setor produtivo, governo e sociedade civil, a chamada hélice quádrupla. Ao reunir evidências, análises e experiências concretas, constitui-se em um instrumento estratégico de disseminação de boas práticas e inspiração para gestores, pesquisadores e formuladores de políticas públicas comprometidos com a inovação orientada por missões e com o desenvolvimento territorial sustentável.

O livro está estruturado em quatro partes principais, correspondentes aos ecossistemas que orientam a organização dos NAPIs. Antes delas, apresenta-se um breve capítulo introdutório que resgata a história da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e da EDUTFPR,

percorrendo mais de um século de trajetória institucional e ressaltando a importância da editora na difusão da produção científica. Na sequência, é discutida a concepção dos NAPIs, com ênfase na coprodução do conhecimento e na promoção de ecossistemas de ciência, tecnologia e inovação.

A primeira parte apresenta o ecossistema Agropecuária, com oito capítulos sobre ciência, alimentos, biodiversidade e desenvolvimento territorial. Na sequência, o ecossistema Energias Renováveis é abordado em três capítulos que tratam da transição energética e da crise climática. O ecossistema Saúde, por sua vez, é explorado em um capítulo que evidencia a contribuição da genômica. Por fim, a quarta parte explora o ecossistema Transformação Digital, com cinco capítulos voltados a novas tecnologias, práticas pedagógicas e difusão científica.

O primeiro ecossistema abre a obra reunindo pesquisas que articulam ciência, produção de alimentos, conservação ambiental e desenvolvimento territorial. Nessa seção, destacam-se arranjos que demonstram como a pesquisa aplicada pode contribuir para a sustentabilidade agrícola e para a valorização da biodiversidade e dos saberes locais. Os NAPIs que compõem esse ecossistema são:

- ▶ NAPI Alimento e Território: integra práticas de soberania alimentar, agricultura familiar e redes de cooperação territorial.
- ▶ NAPI Biodiversidade RESTORE: desenvolve soluções biotecnológicas e nanotecnológicas para reflorestamento e mitigação das mudanças climáticas.
- ▶ NAPI Biodiversidade Recursos Genéticos e Biotecnologia: identifica componentes da biodiversidade com potencial para bioinsumos, saúde e meio ambiente.
- ▶ NAPI Biodiversidade Serviços Ecossistêmicos: investiga mecanismos de conservação e valorização dos serviços ambientais.
- ▶ NAPI Centro de Inteligência Artificial no Agro: aplica ciência de dados e inteligência artificial à agricultura sustentável.
- ▶ NAPI ProSolo: promove pesquisas em manejo e conservação do solo e da água.
- ▶ NAPI Proteínas Alternativas: explora novas fontes proteicas para alimentação humana e animal.

- ▶ NAPI Taxonline: fortalece a Rede Paranaense de Coleções Biológicas e amplia a digitalização da biodiversidade.

A segunda parte da obra aborda o ecossistema Energias Renováveis, reunindo três capítulos dedicados à construção de alternativas energéticas sustentáveis e ao enfrentamento da crise climática. Os arranjos dessa seção revelam como a pesquisa científica pode atuar de forma estratégica na transição energética e no planejamento regional. Fazem parte deste ecossistema:

- ▶ NAPI Emergência Climática: articula ciência e políticas públicas para enfrentamento da crise climática.
- ▶ NAPI Hidrogênio: pesquisa e desenvolve soluções para inserção do hidrogênio verde na matriz energética.
- ▶ NAPI Trinacional: integra ciência, tecnologia e inovação no desenvolvimento da região de fronteira Brasil–Paraguai–Argentina.

A terceira parte dedica-se ao ecossistema Saúde, com um capítulo que evidencia o papel da ciência genômica no avanço da medicina de precisão e no fortalecimento da agropecuária. O NAPI Genômica realiza pesquisas em medicina de precisão, mapeamento genético e aplicações em saúde e agropecuária.

Por fim, a quarta parte reúne os arranjos do ecossistema Transformação Digital, que investigam novas tecnologias, práticas pedagógicas e estratégias de difusão científica. Os cinco capítulos dessa seção demonstram como a inovação tecnológica pode ser articulada ao fortalecimento das políticas públicas e à ampliação do acesso ao conhecimento. Compõem esse ecossistema os seguintes NAPIs:

- ▶ NAPI Educação do Futuro: acompanha políticas públicas de ensino e mapeia competências digitais docentes.
- ▶ NAPI Eletrônica Orgânica: pesquisa novos materiais e dispositivos eletrônicos sustentáveis.

- ▶ NAPI Manna Academy: promove pesquisa e formação em IoT, inteligência artificial e educação 5.0.
- ▶ NAPI Paraná Faz Ciência: promove e implementa ações de literacia, divulgação e difusão do conhecimento científico, estimulando o engajamento da sociedade com a ciência no estado.
- ▶ NAPI Segurança Pública e Ciências Forenses: desenvolve tecnologias aplicadas à prevenção da violência e fortalecimento das políticas de segurança.

Organizar esta obra sobre os NAPIs significou lidar com a riqueza e a diversidade de iniciativas que se consolidaram no Paraná nos últimos anos. A amplitude de ações e a pluralidade de vozes demandaram um trabalho de seleção, articulação e síntese das informações. Inevitavelmente, algumas experiências ficaram de fora destas páginas, mas todas fazem parte da construção coletiva que os NAPIs representam.

Este livro não pretende esgotar a complexidade e a diversidade dos NAPIs, mas sim registrar apenas uma parte de sua trajetória, de seus impactos e de suas potencialidades. A obra reúne experiências e reflexões que ilustram a força da cooperação entre ciência, tecnologia, setor produtivo e sociedade civil. Mais do que um capítulo de uma história em construção, esta obra é um convite à continuidade, à ampliação das parcerias e ao fortalecimento de um modelo inovador de desenvolvimento regional.

Que os próximos anos fortaleçam e expandam ainda mais essa rede viva de ciência, tecnologia e inovação, multiplicando ainda mais seu impacto social!

Parabéns a todas e todos que constroem diariamente os NAPIs!

Giani Carla Ito



---

# História da UTFPR e o papel de sua editora na difusão do conhecimento científico

Giani Carla Ito<sup>1</sup>

19

---

A trajetória da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) reflete mais de um século de transformações na educação profissional e tecnológica no Brasil. Sua história começou em 1909, com a criação da Escola de Aprendizes Artífices do Paraná, em Curitiba. A instituição foi criada para atender às necessidades de formação prática de jovens em um momento no qual o país iniciava seu processo de industrialização e demandava trabalhadores capacitados para ofícios manuais e atividades industriais.

No decorrer das décadas seguintes, a escola passou por sucessivas mudanças de estrutura e denominação, acompanhando a evolução das políticas nacionais para o ensino técnico. Tornou-se Liceu Industrial de Curitiba na década de 1930 e, posteriormente, Escola Técnica de Curitiba, fortalecendo sua atuação na formação profissional de nível médio. Esse período foi marcado pela expansão de cursos voltados à indústria e consolidação de sua relevância regional.

---

<sup>1</sup> UTFPR - Santa Helena; [gianiito@utfpr.edu.br](mailto:gianiito@utfpr.edu.br)

Na década de 1970, a instituição foi transformada em Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (Cefet-PR). Essa nova configuração possibilitou a oferta de cursos superiores de tecnologia e promoveu a interiorização do ensino, com a criação de unidades em diferentes cidades do estado. A relação direta com o setor produtivo se firmou como uma das marcas institucionais, com foco na aplicação prática do conhecimento.

Em 2005, a instituição alcançou o patamar universitário, tornando-se oficialmente a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, a primeira do gênero no Brasil. Essa transformação ampliou sua atuação para todos os níveis de ensino, incluindo cursos de graduação, mestrado e doutorado, além de fortalecer a pesquisa científica, a extensão universitária e os programas de inovação tecnológica.

Atualmente, a UTFPR está presente em treze cidades do Paraná – Apucarana, Campo Mourão, Cornélio Procopio, Curitiba, Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Guarapuava, Londrina, Medianeira, Pato Branco, Ponta Grossa, Santa Helena e Toledo – e oferece uma formação que integra teoria e prática, com ênfase em tecnologia e inovação. Sua história ilustra a passagem de uma escola voltada à aprendizagem de ofícios no início do século XX para uma universidade tecnológica moderna, comprometida com o desenvolvimento regional e nacional.

## ORIGENS E CONSOLIDAÇÃO DA EDITORA DA UTFPR

A história da Editora da EDUTFPR começou nos anos 1980, quando professores do então Cefet-PR demonstraram interesse em publicar suas produções acadêmicas. Em 1985, nasceu o Programa Editorial, que, por quase duas décadas, dedicou-se à publicação de revistas, livros e coleções importantes para a comunidade científica e educacional.

Na década de 1990, a instituição viveu um período de forte expansão, com a criação de novos cursos, o que também impulsionou a produção

científica e reforçou a necessidade de uma estrutura editorial própria. Assim, em 2002, uma comissão foi criada para formalizar o projeto de uma editora institucional. O Conselho Diretor aprovou a proposta em outubro do mesmo ano e, em 16 de dezembro de 2002, foi oficialmente implantada a Editora Cefet-PR, marco que consolidou anos de esforços e o compromisso da instituição com a difusão do conhecimento.

A transformação do CEFET-PR em UTFPR, em 2005, impulsionou a evolução da editora. Assim, em 2009, passou a integrar oficialmente o planejamento institucional, com regulamento próprio aprovado pela Deliberação COUNI n.º 9, de 24 de setembro de 2010, fortalecendo seu papel como editora universitária. Em 2017, adotou a denominação EDUTFPR, com nova identidade visual e reafirmação de sua importância estratégica na política editorial da universidade.

Desde então, a EDUTFPR mantém seu compromisso com a qualidade acadêmica e com a missão de difundir o conhecimento produzido na UTFPR. Assim, publica obras originais e traduções de relevância nacional e internacional, abrangendo diferentes áreas do saber e contribuindo para o avanço científico, técnico, artístico e cultural da universidade e da sociedade.

Ao longo de sua trajetória, a EDUTFPR tem se firmado como um instrumento institucional de apoio à produção e à difusão do conhecimento acadêmico e científico. Por meio de práticas editoriais qualificadas e alinhadas aos princípios da universidade pública, contribui para ampliar o acesso à informação, apoiar a formação de pesquisadores e promover a integração entre ciência, educação e sociedade. Sua atuação reforça o papel estratégico das editoras universitárias no fortalecimento das políticas de pesquisa e na consolidação de uma cultura acadêmica comprometida com o interesse público.

Esse trabalho é sustentado por uma equipe editorial composta de servidores técnico-administrativos, docentes, bolsistas e estagiários que atuam em todas as etapas do processo editorial. A estrutura organizacional conta com coordenações específicas para as áreas de gestão, revisão e normalização textual, bem como para design e diagramação. A Editora dispõe ainda de um Conselho Editorial e de pareceristas *ad hoc*, responsáveis pela avaliação dos originais submetidos, com base em critérios técnico-científicos de relevância, rigor metodológico e qualidade textual.

Graças a essa estrutura qualificada, a **EDUTFPR** mantém um catálogo diversificado, que contempla diferentes áreas do conhecimento e reúne livros técnicos, coletâneas científicas e publicações interdisciplinares. Para ampliar o acesso às suas obras, disponibiliza uma livraria virtual com títulos para venda e download gratuito, além de divulgar suas publicações em redes sociais. Essas iniciativas reafirmam sua missão institucional de promover a difusão do conhecimento científico, tecnológico, educacional e cultural, sempre por meio de produções de relevância acadêmica e social.

Nesse contexto, a EDUTFPR afirma-se como um canal institucional de difusão do conhecimento, garantindo qualidade editorial e ampliando o acesso às produções acadêmicas. Ao estimular a pesquisa e assegurar que seus resultados alcancem tanto a comunidade interna quanto a externa, consolida-se como uma editora comprometida com o fortalecimento da ciência e com a integração entre universidade e sociedade.

## O PAPEL DAS EDITORAS UNIVERSITÁRIAS PÚBLICAS NA DIFUSÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

As editoras universitárias vinculadas a instituições públicas de ensino superior exercem um papel fundamental na produção, avaliação e circulação de obras acadêmicas e científicas de interesse social. Diferentemente do modelo comercial, voltado sobretudo à viabilidade econômica, as editoras universitárias públicas atuam como mediadoras da produção científica e cultural, priorizando a relevância acadêmica e social das publicações.

Historicamente, essas editoras surgiram para suprir uma lacuna na publicação de materiais didáticos e resultados de pesquisas que não

encontravam espaço em editoras comerciais, mas que são de alto valor para a formação acadêmica, a inovação tecnológica e o desenvolvimento sociocultural. Nesse contexto, cumprem uma função estratégica de articulação entre ensino, pesquisa e extensão, consolidando-se como espaços de mediação do saber.

As publicações realizadas por essas editoras passam por processos rigorosos de seleção, avaliação por pares e revisão técnica, garantindo padrões de qualidade compatíveis com os mais elevados critérios acadêmicos. Isso lhes confere credibilidade no meio científico e contribui para a consolidação de uma cultura editorial pautada na responsabilidade, na transparência e na relevância social.

Com o avanço das tecnologias digitais, muitas editoras universitárias vêm investindo em plataformas de acesso aberto, repositórios institucionais, livros digitais e iniciativas de ciência aberta. Essas medidas ampliam o alcance das obras publicadas, favorecendo o acesso de estudantes, pesquisadores e leitores em geral, independentemente de sua localização geográfica ou condição econômica.

Ao atuarem na interface entre a universidade e a sociedade, as editoras universitárias públicas têm contribuído de maneira significativa para a formação de leitores críticos, para a valorização da produção científica nacional e para o fortalecimento de uma cultura acadêmica comprometida com o interesse público e o desenvolvimento sustentável.

## **DESAFIOS ENFRENTADOS PELAS EDITORAS UNIVERSITÁRIAS PÚBLICAS**

Apesar de sua reconhecida relevância na difusão do conhecimento científico e na promoção do acesso público à informação, as editoras universitárias públicas enfrentam entraves estruturais, institucionais e operacionais que limitam seu pleno funcionamento. Entre os desafios

recorrentes, destaca-se a restrição orçamentária crônica, que compromete investimentos em infraestrutura, pessoal técnico e tecnologias voltadas à produção editorial.

A escassez de recursos humanos especializados aprofunda ainda mais essas dificuldades. Em alguns casos, as equipes são formadas por poucos servidores, que acumulam múltiplas funções, o que impacta diretamente a qualidade, os prazos e a regularidade das publicações. A rotatividade de pessoal, a falta de formação continuada e a ausência de planos de carreira específicos para atuação editorial fragilizam a capacidade institucional de manter processos estáveis e qualificados.

Somado a isso, a ausência de políticas institucionais claras e permanentes de apoio à publicação acadêmica dificulta a integração das editoras às estratégias de ensino, pesquisa e extensão das universidades. Muitas vezes, acabam operando de forma isolada, com baixa articulação com programas de pós-graduação, núcleos de pesquisa e setores administrativos, o que compromete tanto a sustentabilidade quanto a legitimidade interna de suas ações.

Outro desafio diz respeito à inserção no mercado editorial tradicional, especialmente diante das exigências comerciais e da concorrência com grandes editoras privadas. A baixa visibilidade das publicações, aliada à carência de estratégias de marketing, distribuição e internacionalização, limita o alcance das obras e reduz seu impacto fora do ambiente acadêmico imediato.

A defasagem tecnológica também se mostra um obstáculo relevante. A dificuldade de acesso a plataformas digitais modernas compromete a adoção de práticas compatíveis com os padrões atuais de ciência aberta, interoperabilidade e acessibilidade. A falta de recursos para aquisição de softwares de editoração, sistemas de submissão e armazenamento, bem como para adequação de conteúdos a formatos digitais, restringe o potencial de inovação e expansão dessas editoras.

Mesmo diante de tais limitações, diversas editoras vinculadas a instituições públicas têm se destacado pela adoção de boas práticas editoriais. Entre elas, estão a implementação de sistemas de submissão on-line, o uso de softwares livres para editoração, a publicação em acesso aberto com licenças *Creative Commons* e a construção de redes colaborativas com outras editoras universitárias. A articulação com bibliotecas, grupos de

pesquisa e programas de pós-graduação tem favorecido a produção de obras interdisciplinares e de alto impacto social, aproximando a atividade editorial das demandas acadêmicas e científicas contemporâneas.

O apoio de agências de fomento também tem sido fundamental. A Chamada Pública n.º 22/2023, da Fundação Araucária, voltada ao fortalecimento de editoras universitárias paranaenses, é exemplo disso. Essa iniciativa estratégica evidencia o papel do Estado na democratização do acesso ao conhecimento, sobretudo em áreas que não despertam o interesse de editoras comerciais, mas que são essenciais para o desenvolvimento científico e social.

Programas como esse contribuem diretamente para a sustentabilidade das editoras universitárias públicas, ao permitirem a aquisição de equipamentos, a formação de equipes técnicas especializadas e a modernização dos processos editoriais. Com isso, fomentam a inovação na comunicação científica, viabilizam a publicação em acesso aberto e aumentam a visibilidade das obras em cenários nacional e internacional. Desse modo, o fomento público não apenas garante a continuidade das atividades editoriais, mas amplia sua capacidade de impacto social, promovendo uma cultura de valorização da ciência, da educação e do conhecimento como bens públicos essenciais ao desenvolvimento sustentável.

O fortalecimento das editoras universitárias públicas depende, portanto, da consolidação de políticas institucionais e de fomento contínuo. É necessário investir na formação de equipes, na modernização de processos e na construção de modelos sustentáveis de acesso aberto. Mais do que veículos de publicação, elas se consolidam como motores de transformação social e instrumentos de democratização do saber, garantindo que o conhecimento científico circule como bem público. Ampliar vozes, difundir ideias e construir pontes sólidas entre universidade e sociedade reafirma o papel essencial dessas editoras na promoção da inclusão, da inovação e do desenvolvimento sustentável.



---

# Novos arranjos de pesquisa e inovação:

coprodução do conhecimento e promoção  
de ecossistemas de ciência, tecnologia e  
inovação

---

26

Ramiro Wahrhaftig<sup>1</sup>  
Luiz Márcio Spinoso<sup>2</sup>  
Gerson Koch<sup>3</sup>

- 
- 1 Fundação Araucária; [secretaria@fundacaoarucaria.org.br](mailto:secretaria@fundacaoarucaria.org.br)
  - 2 Fundação Araucária e UTFPR; [spinoso@fundacaoarauaria.org.br](mailto:spinoso@fundacaoarauaria.org.br)
  - 3 Fundação Araucária; [secretaria@fundacaoarucaria.org.br](mailto:secretaria@fundacaoarucaria.org.br)

## Resumo

Este capítulo analisa o modelo dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIS) da Fundação Araucária como política pública voltada ao fortalecimento dos ecossistemas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no Paraná. Concebidos em 2019, com notas técnicas de implementação publicadas em 2019 e 2021, e regulamentação estabelecida em 2024, os NAPIS são estruturados com base em oito fundamentos teóricos: ecossistemas de CT&I, bens comuns, redes colaborativas, gestão do conhecimento e da inovação, pesquisa orientada por missão, coprodução do conhecimento, novos serviços públicos e especialização inteligente. Seu funcionamento é organizado em oito etapas formais, desde a proposição inicial até a consolidação ou encerramento, com governança em rede, planejamento participativo e monitoramento digital por meio da plataforma iAraucária. O capítulo integra abordagem teórico-conceitual com análise empírica dos impactos observados entre 2019 e 2025. Uma pesquisa recente com 1.256 respondentes mostrou que os NAPIS contribuíram de modo significativo para os principais eixos da política estadual de CT&I, especialmente nos campos da pesquisa científica, formação de capital humano, expansão do sistema estadual e cultura da inovação. Os resultados demonstraram que os NAPIS promovem maior integração territorial, eficiência na alocação de recursos, valorização do conhecimento e alinhamento entre ciência e políticas públicas. Concluiu-se que o modelo representa uma nova abordagem de fomento à CT&I, com potencial de institucionalização e replicação. Como perspectiva, propõe-se ampliar o horizonte temporal das pesquisas apoiadas, elevar os níveis de maturidade tecnológica e desenvolver modelos organizacionais de fomento.

**Palavras-chave:** ecossistemas de inovação; políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação; coprodução do conhecimento; especialização inteligente; governança em rede.

## Abstract

This article analyzes the model of the new research and innovation arrangements (NAPIS) developed by Fundação Araucária as an innovative public policy to strengthen science, technology, and innovation (ST&I) ecosystems in Paraná, Brazil. The NAPIS were launched in 2019, regulated in 2021 and 2024, and are conceptually grounded in eight pillars: ST&I ecosystems, knowledge commons, collaborative networks, knowledge and innovation management, knowledge co-production, mission-oriented research, smart specialization, and new public services. The model follows a seven-phase cycle, from initial proposal to consolidation or

closure, supported by networked governance, participatory planning, and digital monitoring via the iAraucária platform. This article combines a theoretical-conceptual approach with empirical evidence from the 2019–2025 implementation period. A 2025 survey involving 1,256 respondents indicated NAPIs' strong contributions to Paraná's ST&I policy, particularly in scientific research, human capital development, system expansion, and innovation culture. Findings showed that NAPIs foster greater territorial integration, more efficient resource allocation, enhanced knowledge valorization, and closer alignment between science and public policy. The study concluded that NAPIs represent an approach shift in ST&I funding strategy, with strong potential for institutionalization and replication in other contexts. As a forward-looking agenda, the article recommends extending the time horizon of supported research, promoting higher technology readiness levels, and developing organizational models for innovation funding.

**Keywords:** innovation ecosystems; science, technology, and innovation public policy; knowledge co-production; smart specialization; network governance.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O fortalecimento de ecossistemas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) tem se consolidado como estratégia central para promover o desenvolvimento regional sustentável, elevar a competitividade econômica e ampliar o bem-estar social. Essa perspectiva é sustentada por diversos estudos que reconhecem a relevância dos ecossistemas de inovação como arranjos dinâmicos e interativos, capazes de articular atores e ativos em torno da geração de conhecimento, inovação e valor público (Spinosa; Krama, 2022). A integração entre universidades, setor produtivo, governos e sociedade civil, com base no modelo da hélice quádrupla (Carayannis; Campbell, 2009; McAdam; Debackere, 2018), amplia a capacidade de resposta a desafios complexos e impulsiona transformações estruturantes nos territórios.

Com base nesse entendimento, a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná instituiu, em 2019, os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs). Essa iniciativa

representa uma política pública inovadora voltada à articulação de redes de coprodução do conhecimento e à indução de soluções para demandas estratégicas identificadas nos ecossistemas de CT&I do estado. Inspirado na teoria dos bens comuns aplicados à ciência (Hess; Ostrom, 2007), o modelo dos NAPIS rompe com a lógica tradicional de financiamento isolado de projetos, priorizando a construção de arranjos colaborativos orientados por missões.

Os NAPIS são estruturados em inteligência territorial e organizados com o apoio da plataforma digital iAraucária, que integra recursos de gestão do conhecimento, mineração de dados e visualização analítica. Essa base tecnológica permite mapear competências, ativos e lacunas nos ecossistemas de CT&I paranaenses, promovendo maior assertividade na alocação de recursos e no desenho de estratégias de desenvolvimento.

Mais de 50 NAPIS já foram estruturados ou se encontram em implantação, mobilizando centenas de pesquisadores, instituições e agentes dos diferentes setores da hélice quádrupla. Eles são organizados em torno de temáticas como bioeconomia (notadamente agropecuária), energias renováveis, biodiversidade, saúde, educação, transformação digital e agroecologia. O desenvolvimento sustentável desses temas é uma condicionante para a criação dos NAPIS. Os resultados obtidos até o momento indicam avanços na articulação dos ecossistemas de CT&I, no alinhamento com políticas públicas estaduais e nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), de maneira especial nas áreas de inovação, educação de qualidade, saúde, crescimento econômico e sustentabilidade ambiental.

Este capítulo teve como objetivo descrever a concepção, os fundamentos teóricos e os principais resultados dos NAPIS como instrumento de política pública voltado à transformação sistêmica dos ecossistemas de CT&I no estado do Paraná.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

A formulação e a implementação dos NAPIs estão fundamentadas em uma arquitetura conceitual que articula abordagens dos campos da ciência, tecnologia e inovação, da gestão pública e da governança do conhecimento. Esses referenciais teóricos fornecem a base para a compreensão dos NAPIs não apenas como um mecanismo de financiamento, mas como um instrumento estratégico de transformação (criação ou consolidação) dos ecossistemas de CT&I, com foco na articulação de capacidades territoriais, na produção colaborativa e em redes de conhecimento e na geração de valor público sustentável.

A primeira base teórica que sustenta a concepção dos NAPIs é a consideração de ecossistemas de CT&I como sistemas abertos, dinâmicos e interdependentes, nos quais múltiplos atores e ativos interagem em processos contínuos de aprendizagem, experimentação e inovação. Tais ecossistemas envolvem universidades, centros de pesquisa, empresas, órgãos públicos, organizações da sociedade civil e comunidades locais, todos conectados por fluxos de conhecimento e por estruturas de governança compartilhada. Essa perspectiva é amplamente abordada por Spinoza e Krama (2022), que destacam a importância da inteligência territorial, da diversidade institucional e da governança em rede para o fortalecimento desses ecossistemas, especialmente em contextos subnacionais.

A segunda ancoragem conceitual é a teoria dos bens comuns aplicados ao conhecimento, conforme desenvolvida por Hess e Ostrom (2007). Essa teoria propõe que o conhecimento científico e tecnológico, por ser um recurso intangível de interesse coletivo, deve ser regulado por princípios de governança participativa, acesso aberto, uso sustentável e compartilhamento responsável. No âmbito dos NAPIs, essa abordagem fundamenta o desenvolvimento de arranjos colaborativos regidos por regras comuns, com ênfase na transparência, na corresponsabilidade e na continuidade dos esforços, mesmo após o término do financiamento público.

A terceira base teórica estruturante é a gestão do conhecimento e da inovação, com destaque para os modelos desenvolvidos por Nonaka e Takeuchi (1997) e por Tidd, Bessant e Pavitt (2008). A espiral do conhecimento — processo contínuo de conversão entre saberes tácitos e saberes explícitos — é mobilizada nos NAPIS por meio de práticas de aprendizagem organizacional, compartilhamento de experiências e codificação do conhecimento em plataformas digitais como a iAraucária. Já o modelo integrado de inovação reconhece que esta emerge da interação entre fatores tecnológicos, organizacionais e mercadológicos, o que exige abordagens sistêmicas que levem a processos de planejamento, coordenação, execução e avaliação — princípios incorporados na gestão dos NAPIS e consignados num plano de trabalho detalhado, conhecido entre os pesquisadores como Anexo 5.

A quarta abordagem é a das redes colaborativas de pesquisa, inspirada nas contribuições de Freeman (1991) e Lundvall (1992) e aprofundada no contexto brasileiro no projeto PRODNET II (Spinosa; Rabelo; Klen, 1998; Camarinha-Matos; Afsarmanesh, 1999). Essas redes são concebidas como formas organizacionais que superam a fragmentação acadêmica, promovem a convergência interdisciplinar e facilitam a interação entre centros de excelência, agentes produtivos e formuladores de políticas. Os NAPIS operacionalizam essa abordagem por meio da construção de redes estruturadas, orientadas por desafios estratégicos e apoiadas por mecanismos de governança colegiada e monitoramento de desempenho.

A quinta ancoragem é a da pesquisa orientada por missão (*mission-oriented research and innovation*), conforme defendida por Mazzucato (2018). Essa abordagem propõe que as políticas públicas de inovação devem ser direcionadas para enfrentar grandes desafios sociais e ambientais — como as mudanças climáticas, a transição energética ou a equidade educacional —, mobilizando de forma coordenada recursos financeiros, institucionais e científicos. Os NAPIS internalizam esse princípio ao se estruturarem em torno de missões prioritárias para o desenvolvimento do Paraná, como a valorização da biodiversidade, da segurança alimentar, da saúde pública e da transformação digital.

A sexta abordagem central é a da coprodução do conhecimento, fortemente desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina — UFSC (Pacheco *et al.*, 2016; Sell *et al.*, 2022; Sell *et al.*, 2023). Essa perspectiva entende que o conhecimento relevante para a transformação social é gerado em processos colaborativos entre ciência, políticas públicas e sociedade civil, com base na interdisciplinaridade, no diálogo de saberes e na participação social. Os NAPIs integram essa abordagem em sua metodologia de constituição dos arranjos, que se inicia com oficinas abertas de identificação de demandas, segue com processos colaborativos de planejamento e culmina na execução conjunta das ações.

A sétima base teórica dos NAPIs é a dos novos serviços públicos (*new public service*), formulada por Denhardt e Denhardt (2003), que propõe um modelo de gestão pública centrado no engajamento cívico, na valorização do interesse público e na construção participativa de políticas. Essa visão substitui o paradigma gerencialista pelo relacional, no qual o Estado atua como facilitador de redes, promotor de deliberações públicas e garantidor de equidade. A Araucária, ao assumir esse papel na coordenação dos NAPIs, busca ampliar sua atuação para além da gestão de recursos financeiros, atuando como mediadora de interesses, articuladora de parcerias e catalisadora de capacidades territoriais.

Por fim, os NAPIs incorporam o conceito de especialização inteligente (*smart specialisation*), formulado por Dominique Foray e amplamente adotado nas políticas regionais da União Europeia (Foray; David; Hall, 2009; Foray, 2015). Essa abordagem propõe que os investimentos em CT&I sejam orientados por estratégias baseadas em evidências que identifiquem as vantagens comparativas de cada território conforme suas capacidades tecnológicas, científicas, produtivas e institucionais. A especialização inteligente diferencia-se por seu caráter dinâmico e participativo, enfatizando o papel dos atores locais na descoberta empreendedora (*entrepreneurial discovery process*), que visa revelar, validar e priorizar áreas de maior potencial de transformação econômica e social. No contexto dos NAPIs, essa abordagem concretiza-se por meio do mapeamento de identidades regionais, da integração de diagnósticos territoriais com inteligência analítica e do

alinhamento com as diretrizes do governo do Paraná, promovendo a seleção estratégica de temas prioritários capazes de gerar impacto sistêmico nos ecossistemas de CT&I.

Ao integrar essas oito abordagens — ecossistemas de CT&I, bens comuns, gestão do conhecimento e da inovação, redes colaborativas, pesquisa orientada por missão, coprodução do conhecimento, novos serviços públicos e especialização inteligente —, os NAPIs consolidam-se como uma política pública inovadora, sistêmica e orientada à geração de valor público por meio da ciência.

---

### 3 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento dos NAPIs é regulado por uma norma interna que estabelece um ciclo de vida estruturado, definindo as etapas formais de criação, execução, monitoramento e avaliação dos arranjos. Essa regulamentação confere maior transparência, previsibilidade e institucionalidade ao processo, alinhando-o às diretrizes estratégicas do governo do estado e às exigências de eficiência, controle e efetividade das políticas públicas contemporâneas. A execução das etapas envolve fortemente a interação entre os atores da abordagem hélice quádrupla.

A regulamentação estabelece oito fases principais, ilustradas na Figura 1, que compõem seu processo completo de institucionalização, do surgimento da demanda até a consolidação do arranjo como política pública contínua.

Figura 1 – Etapas para criação e ciclo de fomento dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs)



Fonte: Autoria própria.

Essas fases são:

- a) caracterização da demanda e proposição inicial: nesta fase, um grupo representativo de instituições – preferencialmente envolvendo atores da academia, setor produtivo, sociedade civil e setor público – submete uma proposta inicial de NAPI. A proposta deve basear-se em um diagnóstico territorial claro e em evidências de uma demanda pública relevante, vinculada às diretrizes do governo do Paraná. É imprescindível que o tema esteja associado a pelo menos uma área estratégica estadual, como energias renováveis, biodiversidade, agropecuária ou saúde. Desde 2022 (segunda regulamentação dos NAPIs), a demanda pode ser provocada diretamente por órgãos como o Conselho Estadual de CT&I, a governadoria ou por, no mínimo, duas secretarias de estado;
- b) avaliação institucional da proposta: a proposta é analisada por uma comissão composta de representantes da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, do Conselho Paranaense de Pró-reitores de Pesquisa e Pós-graduação, do Fórum de Pró-reitores de Extensão e da diretoria da Araucária. Nessa comissão, avaliam-se as admissibilidades técnica e institucional, e verifica-se o alinhamento com as três macrodiretrizes do estado (*i.e.*, fortalecimento do sistema estadual de CT&I, promoção de riqueza com bem-estar e fortalecimento dos ecossistemas regionais) e com, pelo menos, três diretrizes operacionais da Araucária (tais como governança em rede, digitalização, especialização inteligente,

mobilização de capital humano e inclusão científica). A admissibilidade é condição obrigatória para o avanço do processo;

- c) estruturação da governança e do planejamento estratégico: com a proposta considerada admissível, inicia-se um processo estruturado de oficinas e reuniões técnicas para a definição da governança do NAPI, incluindo a identificação dos atores centrais, a distribuição de papéis, a criação de comitês de coordenação e a definição dos mecanismos de cooperação. Nessa fase também é elaborado o plano de trabalho detalhado (denominado Anexo 5), envolvendo os indicadores de desempenho, o cronograma de execução e os resultados esperados, com foco na missão estratégica do arranjo. A governança é organizada de forma colegiada, garantindo equilíbrio entre os setores envolvidos e assegurando mecanismos de deliberação, transparência e corresponsabilidade;
- d) avaliações internas e externas: todas as propostas recebem avaliações técnicas e científicas. Os critérios considerados são: mérito (originalidade, relevância e caráter de inovação, aspectos metodológicos diante dos objetivos propostos, viabilidade técnica de execução do projeto e aspectos éticos em pesquisa), qualificação dos coordenadores (qualidade e regularidade da produção científico-tecnológica na linha temática, experiência na coordenação de projetos integrados de pesquisa), fatores gerenciais e financeiros (coerência do orçamento com os objetivos, métodos e resultados propostos, compatibilidade da infraestrutura e dos recursos humanos para o desenvolvimento da proposta, coerência dos itens orçamentários solicitados com o valor de mercado), aplicabilidade prática (possibilidade de futuros desdobramentos na sociedade, usando como base a tecnologia ou a metodologia apresentada, viabilidade da aplicação dos resultados ou absorção de novas tecnologias, especialmente em relação à facilidade operacional, à adequação ambiental, social, econômica e legal, à facilidade de implantação, a fatores custo e tempo) e arranjo em redes, cooperação e percepção de bem comum (ações cooperativas universidade/empresa e inserção nos sistemas locais de inovação e atividades de extensão que contribuam para a difusão da ciência e para a formação de recursos humanos);
- e) formalização jurídica e financeira do NAPI: com o planejamento validado, são celebrados os instrumentos legais que formalizam o arranjo, como convênios, termos de cooperação ou contratos específicos. Essa etapa envolve também a engenharia financeira do NAPI, que define a alocação de recursos, a contrapartida das instituições participantes e os

marcos financeiros vinculados às entregas previstas. A formalização garante segurança jurídica ao processo e viabiliza a captação de recursos adicionais de outras fontes públicas e privadas;

- f) execução e monitoramento contínuo: a execução do NAPI é conduzida pelas instituições coordenadoras com suporte técnico da Araucária. Essa fase é caracterizada por uma gestão participativa e adaptativa, com ênfase na integração entre pesquisa, inovação e território. O acompanhamento das ações é realizado de forma contínua por meio da plataforma digital iAraucária, que permite registrar atividades, compartilhar documentos, realizar reuniões virtuais e alimentar indicadores em tempo real. A Araucária pode, a qualquer momento, intervir tecnicamente para garantir a aderência às diretrizes estabelecidas;
- g) monitoramento e controle: os NAPIs criados e em execução são acompanhados por setor especializado, permitindo essencialmente o cumprimento dos cronogramas de execução e desembolso. Nessa etapa, também são levantadas informações quanto ao atingimento dos objetivos e das entregas comprometidas nos acordos. Demandas de modificação do plano de trabalho, guardada a devida segurança jurídica, são possíveis e geridas por esse setor. Essa flexibilidade permite atender à dinâmica natural de riscos das pesquisas;
- h) prestação de contas e avaliação de resultados: ao final do ciclo, as instituições responsáveis devem apresentar prestação de contas técnica e financeira, que será avaliada pela Araucária, com o auxílio de consultores *ad hocs*. Esse processo é conduzido com base nos indicadores pactuados na etapa de planejamento e nos resultados efetivamente alcançados. A avaliação é essencial não apenas para fins de *accountability*, mas também para a identificação de boas práticas, ajustes metodológicos e tomada de decisão quanto à continuidade ou ao redirecionamento do arranjo.

Conforme o desempenho avaliado e o grau de maturidade atingido, o NAPI pode ser: consolidado, com novo ciclo de financiamento e ampliação de escopo; transicionado, com reformulação parcial ou mudança de foco; ou encerrado, caso os objetivos não tenham sido atingidos ou o contexto tenha se alterado significativamente, mesmo com o alcance dos objetivos. Essa fase reforça o caráter dinâmico e adaptativo do modelo, valorizando a aprendizagem institucional e a qualificação contínua da política.

A regulamentação determina a adoção obrigatória da plataforma iAraucária como ferramenta de gestão e coordenação dos NAPIs. Trata-se de uma infraestrutura digital que dá suporte ao mapeamento de competências, à governança colaborativa, à articulação de redes e ao monitoramento em tempo real de indicadores. A plataforma incorpora elementos de engenharia e gestão do conhecimento, utilizando ontologias semânticas, *dashboards* interativos e mineração de dados para apoiar a análise de desempenho e a tomada de decisão.

A plataforma iAraucária constitui um dos pilares operacionais dos NAPIs, ao articular tecnologia digital com práticas avançadas de gestão do conhecimento e inteligência territorial. Estruturada como um observatório de conhecimento, a plataforma viabiliza o mapeamento de competências, a localização de especialistas, a visualização de redes e a organização colaborativa das ações de CT&I, apoiando a formulação, a execução e a avaliação dos arranjos (Sell *et al.*, 2022; Sell *et al.*, 2023).

Sua arquitetura favorece a redução das assimetrias de informação entre os diversos atores do ecossistema, ao mesmo tempo que promove transparência, integração e aprendizado coletivo (Pacheco *et al.*, 2016). Por meio da sistematização das experiências anteriores, a iAraucária permite a replicabilidade dos NAPIs e o planejamento mais eficiente de novas redes, com base em evidências e dados organizados. Trata-se, portanto, de uma infraestrutura crítica para escalar políticas públicas de inovação baseadas na coprodução do conhecimento (Sell *et al.*, 2023; Spinosa *et al.*, 2023).

Um componente estratégico fundamental no processo de criação dos NAPIs é o instrumento denominado Rotas Estratégicas de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Paraná 2040, ou simplesmente Rotas 2040. Desenvolvidas pela Fundação Araucária, em articulação com universidades, setores produtivos e especialistas, as Rotas 2040 constituem um processo contínuo de planejamento prospectivo de longo prazo voltado à identificação de áreas tecnológicas promissoras, demandas sociais complexas e oportunidades de desenvolvimento sustentável com base em CT&I. Elas operam como um instrumento de planejamento fino que orienta a priorização temática e territorial dos NAPIs, contribuindo para o alinhamento das políticas públicas estaduais, vocações regionais e

tendências globais de inovação. As rotas são estruturadas por setores estratégicos — como biotecnologia, energias renováveis, saúde, alimentos e manufatura avançada — e resultam de metodologias participativas de inteligência coletiva, envolvendo centenas de atores em oficinas, análises e validações (Fundação Araucária, 2020). No âmbito da regulamentação dos NAPIs, as Rotas 2040 conferem base técnica e legitimidade à seleção das missões e áreas estratégicas de cada arranjo, reforçando seu potencial de transformação dos ecossistemas de CT&I do Paraná.

---

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

Em 2025, a Fundação Araucária aplicou uma pesquisa a 1.256 respondentes vinculados a universidades, centros de pesquisa, empresas, governo e organizações sociais. Os resultados revelaram uma percepção altamente positiva sobre os efeitos dos NAPIs na política estadual de CT&I, que apresentaram elevada contribuição em 12 eixos estratégicos (Figura 2), com destaque para:

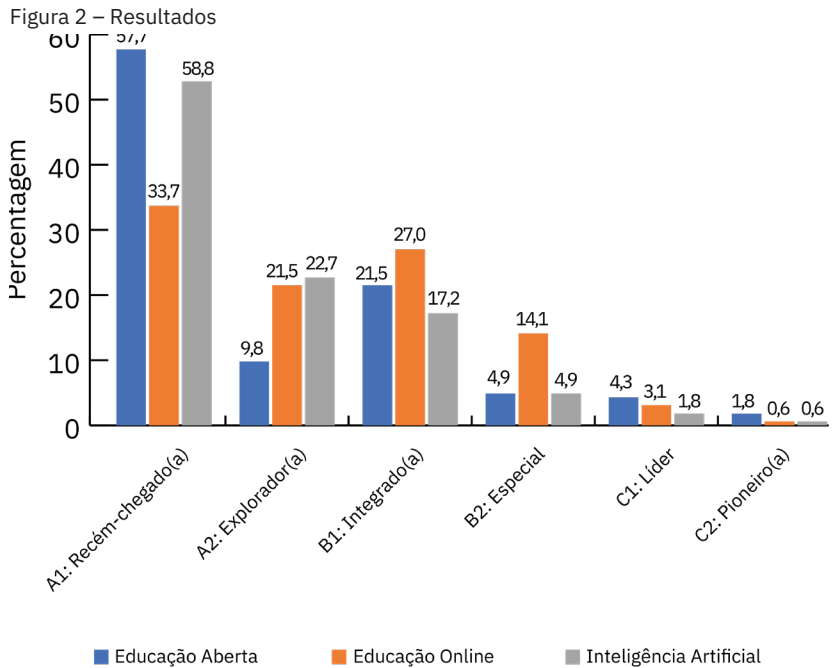
- a) eixo 1: pesquisa científica e tecnológica – 79,3% dos respondentes avaliaram que os NAPIs contribuem muito para o avanço da pesquisa no estado;
- b) eixo 2: expansão e consolidação do sistema paranaense de CT&I – 78% identificaram alto impacto estrutural;
- c) eixo 3: formação de capital humano em CT&I – 70,6% reconheceram a contribuição importante dos NAPIs para a qualificação de pesquisadores, estudantes e técnicos;
- d) eixo 5: consolidação da cultura da inovação – 64,4% evidenciaram impactos significativos na difusão de práticas inovadoras em ambientes acadêmicos e produtivos;

- e) eixo 7: internacionalização da CT&I – embora com menor intensidade, 55,5% dos participantes destacaram contribuição relevante no fortalecimento de conexões internacionais e na participação em redes globais.

Esse conjunto de indicadores evidencia que os NAPIs operam de maneira transversal, atuando como catalisadores da integração entre políticas públicas, estruturas científicas e demandas sociais. Do ponto de vista qualitativo, os impactos observados podem ser agrupados em cinco grandes dimensões:

- a) integração e fortalecimento dos ecossistemas regionais de CT&I: os NAPIs induziram o surgimento e a consolidação de redes locais e interinstitucionais, contribuindo para a densificação das conexões entre universidades, empresas, governos e sociedade. Esse fortalecimento reduziu assimetrias históricas entre os territórios e permitiu maior interiorização da política de inovação;
- b) eficiência e foco estratégico na alocação de recursos públicos: ao substituir editais fragmentados por arranjos com governança coletiva, os NAPIs melhoraram a coordenação de esforços e a efetividade do investimento público em ciência e inovação. A lógica de missão garantiu maior aderência às prioridades estaduais, reduzindo dispersão e promovendo sinergia;
- c) adoção de práticas de coprodução do conhecimento: os NAPIs promoveram uma mudança de paradigma ao integrar saberes acadêmicos, práticos e populares em torno da resolução de problemas concretos. Esse processo fortaleceu a relevância social da pesquisa e estimulou a participação ativa de múltiplos atores nas fases de concepção, execução e avaliação dos projetos;
- d) modernização da gestão da CT&I com base em dados e inteligência territorial: a obrigatoriedade do uso da plataforma iAraucária se tornou um diferencial estratégico, permitindo o mapeamento de ativos, a localização de especialistas, o acompanhamento em tempo real dos arranjos e a retroalimentação contínua de aprendizados. Isso ampliou a transparência, a *accountability* e a capacidade adaptativa do sistema;
- e) aproximação de ciência com políticas públicas: ao alinhar os NAPIs com as prioridades setoriais de diferentes secretarias de estado, a Fundação

Araucária contribuiu para a institucionalização de uma cultura interseccional de inovação na qual a produção científica deixa de ser periférica e passa a integrar os processos decisórios do governo.



Fonte: Autoria própria.

Nota: Eixo 1: Pesquisa científica e tecnológica – apoia projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), tecnologias disruptivas e ecossistemas de inovação com financiamento estratégico e simplificação de processos.

Eixo 2: Expansão e consolidação do sistema paranaense de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) – fortalece a colaboração entre universidades, empresas e governo, com incentivos financeiros e sistemas para conectar pesquisa e inovação.

Eixo 3: Formação do capital humano em CT&I – foca na formação, retenção e mobilidade de talentos em CT&I, alinhando políticas educacionais às áreas estratégicas e promovendo capacitações.

Eixo 4: Infraestrutura e cooperação – desenvolve infraestrutura de inovação e inclusão digital, como espaços públicos inteligentes e redes wi-fi, promovendo colaboração territorial.

Eixo 5: Consolidação da cultura da inovação – promove a popularização da ciência, a inclusão social e o fortalecimento de espaços como museus e centros de inovação para divulgação científica.

Eixo 6: Internacionalização da CT&I – estimula a colaboração internacional em pesquisa e ensino, com mobilidade de pesquisadores e visibilidade em publicações e rankings globais.

Eixo 7: Integração entre o setor produtivo acadêmico e o empresarial – fortalece a tríplice hélice, capacita pesquisadores em propriedade intelectual e promove parcerias para transformar ideias em negócios.

Eixo 8: Inovação e empreendedorismo – impulsiona novos negócios inovadores, estimulando a cultura empreendedora com programas de apoio e redução de desigualdades regionais.

Eixo 9: Apoio à inovação nas empresas – fornece suporte técnico e financeiro para PD&I empresarial, capacitando profissionais e incentivando a adoção de novas tecnologias.

Eixo 10: Modernização e transformação digital do estado – promove a digitalização de serviços públicos, integrando tecnologias para simplificação, eficiência administrativa e qualidade de vida.

Eixo 11: Nacionalização e internacionalização dos negócios inovadores – auxilia empresas na exportação de produtos inovadores, com mapeamento de mercados, certificação e atração de investimentos.

Eixo 12: Fomento à cultura de inovação no estado – dissemina a cultura da inovação por meio de capacitações, feiras, eventos e concursos para soluções criativas nos setores público e privado.

O reconhecimento internacional obtido, como o Knowledge Management and Intellectual Capital Excellence Awards de 2023, reforça

a originalidade e a relevância da experiência, sugerindo seu potencial de replicação em outros contextos nacionais e internacionais.

---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

A consolidação dos NAPIs como política pública estruturante no Paraná representa um marco na evolução das estratégias de fomento à CT&I no Brasil. Ao combinar fundamentos teóricos sólidos e planejamento estratégico orientado por missões e metodologias participativas, os NAPIs demonstraram sua eficácia na articulação de redes colaborativas, na indução de projetos com alto valor público e no fortalecimento dos ecossistemas regionais de CT&I.

Ao longo dos últimos anos, os resultados obtidos validam o modelo como uma abordagem inovadora, capaz de promover a integração entre diferentes setores, estimular a coprodução do conhecimento e alinhar a atividade científica às prioridades do desenvolvimento sustentável. Todavia, o momento atual exige um esforço renovado de institucionalização dos NAPIs como política de estado, superando sua condição ainda predominantemente programática ou dependente de ciclos específicos de financiamento. Esse esforço envolve três direções principais:

- a) a promoção de pesquisas de longo prazo, capazes de enfrentar desafios estruturais e de gerar soluções com maior complexidade e impacto;
- b) o fomento a iniciativas voltadas a níveis mais elevados de maturidade tecnológica (*technology readiness levels*), aproximando os resultados da pesquisa de sua aplicação direta em políticas públicas, processos produtivos e tecnologias sociais;
- c) o desenvolvimento e a análise de modelos organizacionais de fomento à inovação que incorporem maior flexibilidade jurídica, sustentabilidade financeira e capacidade de articulação interinstitucional.

A Araucária já conduz estudos para aprimorar os mecanismos de indução e gestão dos NAPIS, considerando a adoção de arranjos institucionais mais permanentes, a ampliação das fontes de financiamento (privadas ou internacionais) e a integração com políticas públicas setoriais de médio e longo prazos. Tais iniciativas visam consolidar os NAPIS como uma política de inovação de nova geração, que alia inteligência territorial, coordenação em rede e impacto sistêmico.

Nesse sentido, o modelo paranaense contribui não apenas para o fortalecimento da CT&I no estado, mas também como referência para outras regiões brasileiras e países que buscam modernizar suas políticas científicas, com base em colaboração, planejamento estratégico, governança digital e valorização do conhecimento como bem comum. A trajetória dos NAPIS confirma que é possível construir políticas públicas inovadoras, baseadas em evidências e voltadas à transformação real da sociedade.

---

## REFERÊNCIAS

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. **Infrastructures for virtual enterprises: networking industrial enterprises.** Federated query processing for distributed process coordination in virtual enterprises. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1999.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 46, n. 3/4, p. 201-234, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>. Disponível em: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=23374>. Acesso em: 1 set. 2025.

DENHARDT, R. B.; DENHARDT, J. V. **The new public service: serving, not steering.** New York: M. E. Sharpe, 2003.

FORAY, D. **Smart specialisation: opportunities and challenges for regional innovation policy.** London: Routledge, 2015.

FORAY, D.; DAVID, P. A.; HALL, B. H. Smart specialisation: the concept. *In*: COMISSÃO EUROPEIA (org.). **Knowledge for growth**: prospects for science, technology and innovation. Brussels: Comissão Europeia, 2009. p. 25-29.

FREEMAN, C. Networks of innovators: a synthesis of research issues. **Research Policy**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 499-514, 1991. DOI: [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(91\)-90072-X](https://doi.org/10.1016/0048-7333(91)-90072-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004873339190072X?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Rotas estratégicas para o futuro do Paraná – CT&I 2040**. Curitiba: Fundação Araucária, 2020. Disponível em: <https://www.fappr.pr.gov.br/Pagina/Rotas-Estrategicas-para-o-Futuro-do-Parana-CTI-2040>. Acesso em: 20 jun. 2025.

HESS, C.; OSTROM, E. **Understanding knowledge as a commons**: from theory to practice. Cambridge: MIT Press, 2007.

LUNDEVALL, B.-A. **National systems of innovation**: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.

MAZZUCATO, M. **Mission-oriented research & innovation in the European Union**: a problem-solving approach to fuel innovation-led growth. Brussels: Comissão Europeia, 2018.

MCADAM, M.; DEBACKERE, K. Beyond ‘Triple Helix’ toward ‘Quadruple Helix’ models in regional innovation systems: implications for theory and practice. Quadruple helix as a network of relationships: creating value within a Swedish regional innovation system. **R&D Management**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 3-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/radm.12309>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/radm.12309>. Acesso em: 1 set. 2025.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

PACHECO, R. C. S. *et al.* **Coprodução em CT&I**: fundamentos e visões. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

SELL, D. *et al.* A estruturação de observatórios de conhecimento: o *case* da Plataforma IAraucaria. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO, 2022, Monterrey. **Anais [...]**. Monterrey: CiKi, 2022.

SELL, D. *et al.* Desafios para a estruturação de sistemas de localização de especialistas: uma revisão integrativa de literatura. In: SELL, D. *et al.* (org.). **Perspectivas em engenharia, mídias e gestão do conhecimento**. Curitiba: Arquétipos, 2023. p. 87-114.

SPINOSA, L. M.; KRAMA, J. Urban innovation ecosystems and sustainable development: an integrated decision-making framework. In: BALBINOT, Z.; SPINOSA, L. M. (org.). **Open science, urban innovation ecosystems and sustainability**. Curitiba: UIE, 2022. p. 2881.

SPINOSA, L. M.; RABELO, R. J.; KLEN, A. P. High-level coordination of business processes in a virtual enterprise. In: INTERNATIONAL IFIP TC5 WG-5.2 WG-5.3 CONFERENCE, 10., 1998, Trento. **Anais [...]**. Trento: [s. n.], 1998.

SPINOSA, L. M. *et al.* Fostering innovation ecosystems through knowledge co-production: the case of NAPI Program in Paraná, Brazil. In: KNOWLEDGE MANAGEMENT AND INTELLECTUAL CAPITAL EXCELLENCE AWARDS, 9., 2023. Lisboa. **Anais [...]**. Lisboa: [S. n.], 2023.

TIDD, J. *et al.* **Gestão da inovação**: integração de mudanças tecnológicas, de mercado e organizacionais. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2008.

# Ecosistema de Inovação: Agropecuária





---

# NAPI Alimento e Território:

## promovendo o desenvolvimento territorial sustentável

Valdir Frigo Denardin<sup>1</sup>  
Diomar Augusto de Quadros<sup>2</sup>  
Serinei César Grígolo<sup>3</sup>  
Joel Donazzolo<sup>4</sup>  
Antonio Marcio Haliski<sup>5</sup>  
Marcos Aurélio Saquet<sup>6</sup>

---

47

- 
- 1 UFPR - Matinhos; valdirfd@ufpr.br
  - 2 UFPR - Matinhos; diomar@ufpr.br
  - 3 UTFPR - Dois Vizinhos; serineicgrigolo@utfpr.edu.br
  - 4 UTFPR - Dois Vizinhos; joel@utfpr.edu.br
  - 5 UFPR - Matinhos; antoniohaliski@ufpr.br
  - 6 UNIOESTE - Francisco Beltrão; saquetmarcos@hotmail.com

## Resumo

O NAPI Alimento e Território visa mapear, diagnosticar e qualificar as experiências de produção, transformação e comercialização de alimentos agroecológicos nos territórios do sudoeste e litoral do Paraná, fortalecendo agroindústrias familiares, redes de cooperação e estratégias de melhoramento genético participativo que mobilizam patrimônios, ativos e conhecimentos tradicionais, com vistas ao aumento da renda, à conservação dos recursos genéticos, à inovação social e ao desenvolvimento territorial sustentável. A metodologia adotada foi a pesquisa-ação como abordagem central, articulando pesquisadores e atores sociais na coprodução de conhecimento e implementação de soluções aplicadas, além de outras metodologias participativas que promovem o intercâmbio horizontal de saberes e a aprendizagem colaborativa. Essa abordagem fortalece a integração entre conhecimento científico e práticas territoriais, favorecendo a inovação social. Os principais resultados concentraram-se na implantação e qualificação de cozinhas comunitárias (agroindústrias), com aquisição de equipamentos, capacitação técnica e definição de identidade visual, fortalecendo práticas de autogestão. Destacaram-se ainda a retomada e dinamização das feiras locais, aliadas à fidelização de consumidores solidários, promovendo circuitos curtos de comercialização. Somaram-se a isso o resgate, a avaliação e a conservação da agrobiodiversidade regional, com ênfase para a multiplicação e o uso de sementes crioulas e o início de processos de melhoramento genético participativo. Tais ações evidenciam a capacidade de articulação entre saberes científicos e tradicionais, potencializando a soberania alimentar e o protagonismo comunitário. O projeto contribui para a construção de territórios mais resilientes e sustentáveis e reforça o papel das universidades públicas como catalisadoras de transformação social e territorial.

**Palavras-chave:** desenvolvimento territorial sustentável; cozinhas comunitárias; agrobiodiversidade.

## Abstract

NAPI Food and Territory program aims to map, diagnose, and enhance initiatives related to the production, processing, and commercialization of agroecological food in the southwest and coastal regions of Paraná, Brazil. The project strengthens family agro-industries, cooperation networks, and participatory plant breeding strategies that mobilize traditional heritage, local assets, and ancestral knowledge. Its ultimate goals are to increase income, conserve genetic resources, foster social innovation, and promote sustainable territorial development. The central methodological approach was action research, which brings together



researchers and social actors in the co-production of knowledge and implementation of applied solutions. Complementary participatory methodologies were also employed to encourage horizontal knowledge exchange and collaborative learning. This integrated approach bridges scientific knowledge with local practices, fostering social innovation. Among the main outcomes were the implementation and enhancement of community kitchens (agro-industries) through equipment acquisition, technical training, and the development of visual identities, strengthening self-management practices. The project also revitalized local fairs and fostered consumer loyalty through solidarity-based marketing, promoting short supply chains. Additionally, it has contributed to the rescue, evaluation, and conservation of regional agrobiodiversity, focusing on the multiplication and use of Creole seeds and the initiation of participatory plant breeding processes. These actions demonstrate the project's capacity to integrate scientific and traditional knowledge, advancing food sovereignty and community leadership, and to build more resilient and sustainable territories, thereby reinforcing the role of public universities as catalysts for social and territorial transformation.

**Keywords:** sustainable territorial development; community kitchens; agrobiodiversity.



## 1 INTRODUÇÃO

Comprometidos com processos populares e com a coprodução de soluções territorialmente enraizadas, pesquisadores com ampla trajetória em pesquisa-ação participativa atuantes no litoral e no sudoeste do Paraná identificaram na política pública Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPI), da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, a oportunidade de fazer ciência com foco em impactos sociais concretos. Construiu-se um ativo interinstitucional amplo e diverso, trabalhando na interface entre a universidade e a sociedade civil organizada, entre ciências e saberes populares, além de vínculos com prefeituras, sindicatos de trabalhadores rurais e urbanos, associações de moradores urbanos e de agricultores ecológicos. Valorizaram-se os sujeitos do campo e os da cidade, a formação de

recursos humanos, a disseminação do conhecimento produzido ao longo dos anos, as ações participativas de (des)envolvimento comunitário e territorial, a produção agroecológica de alimentos e as redes curtas (especialmente diretas) de comercialização. Isso possibilitou a criação de uma rede de instituições do litoral e do sudoeste paranaense, fortalecidas pelos programas de pós-graduação, ampliada pelos intercâmbios internacionais com entidades de países como Colômbia, Argentina, México, Uruguai, Chile, França e Itália.

Esse arranjo constituído no litoral e no sudoeste do Paraná serviu de base interinstitucional e interdisciplinar, teórica e metodológica para criar, em 2022, o NAPI Alimento e Território (NAPI AT), financiado pela Fundação Araucária, do estado do Paraná (Figura 1). O NAPI AT é voltado à inovação social em torno da transformação dos recursos em ativos territoriais, especialmente os relacionados aos desafios da alimentação e do desenvolvimento territorial.



Figura 1 – Princípios de atuação do NAPI Alimento e Território



Fonte: Autoria própria.

---

## 2 ABORDAGEM CONCEITUAL E METODOLÓGICA MOBILIZADA PELO NAPI AT

O NAPI AT tem forte comprometimento (social, econômico, ecológico, cultural etc.) com os atores do território e busca contribuir para o desenvolvimento territorial sustentável dos espaços geográficos em que suas ações são desenvolvidas – litoral e sudoeste do Paraná.

Pecqueur (2006, 2009, 2014) apresenta proposições que podem nortear um modelo de desenvolvimento territorial que se fundamenta em dois pilares, a coordenação dos atores e a ativação dos recursos específicos do território. O desenvolvimento, pensado a partir dos atores e dos recursos, reencontra o caminho do território, que havia sido abandonado com a emergência da “mundialização”, a qual conduziu a uma simplificação, homogeneização, do modelo de desenvolvimento dos territórios (Campagne; Pecqueur, 2014).

Identificar e ativar os recursos territoriais tangíveis e intangíveis existentes no território é uma estratégia de desenvolvimento. No entanto, para que isso ocorra, faz-se necessário que os atores se articulem no intuito de resolverem problemas inerentes à produção. A valorização dos recursos específicos do território revela, portanto, um novo modo de geração de riqueza que não passa pela noção de produtividade, concorrência via custos de produção (Pecqueur, 2014). Nesse modelo, os recursos são fatores a se explorar, organizar ou revelar, podendo ser genéricos ou específicos, e transformam-se em ativos (genéricos ou específicos) se as condições de produção e inovação tecnológica permitirem (Gumuchian; Pecqueur, 2007). Recursos e ativos genéricos não possibilitam que um território se diferencie de forma consistente, uma vez que eles não são únicos, ou seja, existem em outros territórios (Denardin; Sulzbach, 2019).



Os recursos específicos destacam-se pelo seu caráter de especificação endógena ao território, com maior potencial de apoiar o desenvolvimento territorial, conforme Denardin *et al.* (2022). Os autores salientam que os recursos específicos, ao contrário dos recursos genéricos, não são mensuráveis, não são expressos em preços nem podem ser transferidos como qualquer produto comercializado no mercado.

A especificação de ativos, por seu turno, é o processo de transformação de recursos específicos em ativos específicos, mediante sua inserção no sistema produtivo, propiciando a diferenciação de um território dos demais. O processo de especificação consiste na qualificação e diferenciação de recursos que os atores locais revelam na resolução de seus problemas. A valorização e ativação de recursos específicos pelos atores permitem, ao território, a obtenção de uma renda de qualidade territorial oriunda da comercialização de bens e serviços específicos do território.

O NAPI AT, além de mobilizar o referencial teórico mencionado, tem como método norteador a pesquisa-ação. Essa metodologia não se limita apenas à observação e análise, ela também envolve os participantes de forma ativa e colaborativa, tornando os sujeitos coautores no processo de identificação de problemas e desenvolvimento de soluções, além da implementação de mudanças. A abordagem central da pesquisa-ação desenvolvida pelo NAPI AT visa alcançar dois objetivos ao mesmo tempo: coproduzir conhecimento científico e solucionar problemas práticos por meio da ação. Essa abordagem metodológica reduz a distância entre teoria e prática e cria um vínculo mais próximo entre pesquisadores e atores sociais no e do território.

Para Thiollent (2011, p. 20), a pesquisa-ação é

[...] um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.



Ou seja, ela se distingue dos métodos tradicionais pela sua abordagem prática e empírica (Dionne, 2007; Thiollent, 2011) e pela contínua reflexão-ação-avaliação, o que possibilita ajustes constantes com base na experiência prática desenvolvida e na interação com participantes (Moreira; Simão; Quadros, 2025). Conforme Dionne (2007), a pesquisa-ação facilita a construção de conhecimento coletivo, superando meras soluções técnicas ao promover o diálogo e a troca de experiências entre todos os atores participantes (Croda; Denardin; Campos, 2025).

---

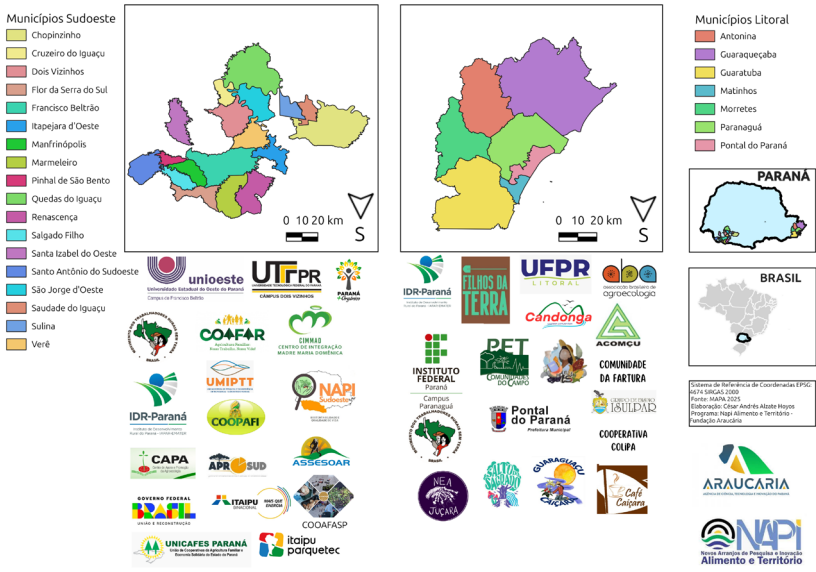
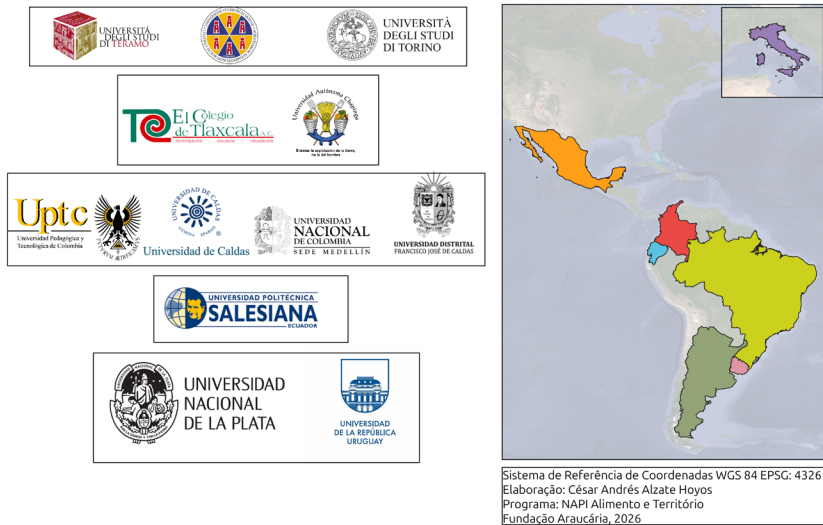
### 3 CONSTRUINDO REDES INTERNACIONAIS E NACIONAIS



Em janeiro de 2022, teve início um processo coletivo de construção da proposta, envolvendo os territórios do sudoeste e do litoral paranaense, sob o eixo temático “Alimento e território”, mobilizando parcerias e atores locais, regionais, estaduais, nacionais e internacionais (Figura 2). A consolidação de parcerias acadêmicas internacionais tem sido central para ampliar o impacto e as redes do NAPI AT. Entre os parceiros, estão:

- a) México: Universidad Autónoma Chapingo e Colegio de Tlaxcala;
- b) Colômbia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia e Universidad del Tolima;
- c) Itália: Università di Torino, Università degli Studi del Molise e Università Roma Tre;
- d) Argentina: Universidad Nacional de La Plata, Centro de Investigaciones Geográficas;
- e) Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Mestrado em Geografia.

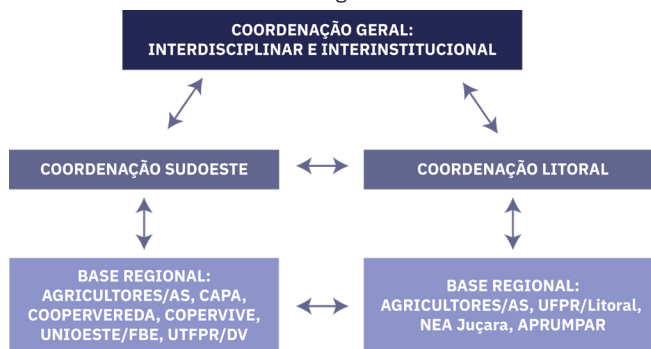
Figura 2 – Parcerias internacionais, da sociedade civil e do setor público, mobilizadas pelos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPI)



Fonte: Autoria própria.

A governança do NAPI AT apoia-se em redes colaborativa, participativa e horizontal, com estratégias como: reuniões trimestrais; elaboração coletiva de instrumentos de pesquisa qualitativa; encontros regionais; colóquios anuais; cursos e oficinas em pesquisa-ação participativa; eventos internacionais; e publicações técnico-científicas com parceiros nacionais e internacionais. As ações são coordenadas pelo Laboratório Territorial de Formação, Pesquisa e Extensão, com base na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), em Francisco Beltrão; Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), em Dois Vizinhos; e Universidade Federal do Paraná (UFPR), no litoral (Figura 3).

Figura 3 – Dimensões horizontais e verticais da gestão do NAPI Alimento e Território



Fonte: Elaborado por Marcos Saquet.

Legenda: CAPA: Centro de Apoio e Promoção da Agroecologia; COOPERVEREDA: Cooperativa dos Produtores Orgânicos e Agroecológicos do Sudoeste do Paraná; COPERVIVE: Cooperativa de Vitivinicultores de Verê; UNIOESTE/FBE: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, unidade Francisco Beltrão; UTFPR/DV: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, unidade Dois Vizinhos; NEA Juçara: Núcleo de Estudos em Agroecologia Juçara; APRUMPAR: Associação dos Produtores Rurais do Município de Paranaguá.



---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O NAPI AT contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), com destaque para:

- a) ODS 1: Erradicação da Pobreza;
- b) ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável;
- c) ODS 3: Saúde e Bem-Estar;
- d) ODS 4: Educação de Qualidade;
- e) ODS 10: Redução das Desigualdades;
- f) ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis;
- g) ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis;
- h) ODS 17: Parcerias e Meios de Implementação.

As metas associadas abrangem desde o acesso equitativo a recursos naturais e econômicos por populações vulneráveis (Meta 1.4) até o fortalecimento de parcerias institucionais (Metas 17.16 e 17.17). Também se destacam o acesso a alimentos adequados (Meta 2.1), a valorização da agroecologia para a saúde (Meta 3.9), a formação cidadã e sustentável (Meta 4.7) e a inclusão social de grupos tradicionais (Meta 10.2). Outras metas envolvem a promoção de práticas agrícolas sustentáveis (Meta 2.4), a redução do desperdício alimentar (Meta 12.3), a valorização cultural (Meta 11.4) e o incentivo a estilos de vida sustentáveis (Meta 12.8).



## 4 RESULTADOS E IMPACTOS DO PROJETO NAPI ALIMENTO E TERRITÓRIO

A pesquisa-ação realizada pelo NAPI AT no litoral e sudoeste do Paraná é decorrente dos trabalhos entre universidade e comunidade por meio de atividades de pesquisa e extensão ao longo dos anos. No Quadro 1 pode ser observada uma síntese das ações já desenvolvidas em cada território.

Quadro 1 – Ações desenvolvidas pelo NAPI Alimento e Território no litoral e sudoeste do estado do Paraná (continua)

LITORAL	SUDOESTE
<p>1. Aquisição de equipamentos para cozinhas e agroindústrias comunitárias;</p> <p>2. Oficinas formativas: construção do plano de ação</p> <p>Associativismo/Autogestão</p> <p>Boas práticas de fabricação de alimentos</p> <p>Rotulagem de alimentos</p> <p>Receitas caiçaras</p> <p>Regimento das cozinhas comunitárias</p> <p>Identidade visual (<i>briefing</i> e <i>branding</i>)</p> <p>Construção de leiaute das cozinhas e agroindústrias</p> <p>Curso de receitas de mandioca</p> <p>3. Retomada das feiras locais em Morretes e Pontal do Paraná;</p>	<p>1. Diagnóstico participativo, cartografia social, distribuição de sementes e acompanhamento das matrizes com os agricultores da Cooperativa Central da Agricultura Familiar Integrada do Paraná de Francisco Beltrão e Instituto de Desenvolvimento Rural de Marmeleiro, Flor da Serra e Salgado Filho;</p> <p>2. Horta comunitária e oficinas de educação ambiental no Centro de Integração Madre Maria Domenica de Francisco Beltrão;</p> <p>3. Coleta de informações com visitas de campo nas queijarias da Associação dos Produtores de Queijo Artesanal do Sudoeste do Paraná (Aprosud) para elaboração de cartilhas e outros materiais pertinentes;</p> <p>4. Consumidores fidelizados de cestas orgânicas na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) de Francisco Beltrão e expansão dessa atividade para o outro campus de Francisco Beltrão;</p> <p>5. Fortalecimento das redes de cooperação científica internacional;</p> <p>6. Dinamização das feiras em Francisco Beltrão;</p> <p>8. Resgate, caracterização, avaliação e conservação pelo uso da agrobiodiversidade existente no sudoeste paranaense (milho tradicional, mandioca, batata-doce e palmeira-juçara);</p>



(conclusão)

LITORAL	SUDOESTE
<p>4. Realização de intercâmbios de saberes entre os territórios;</p> <p>5. Formação teórico-metodológica com o Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Territorial Sustentável;</p> <p>6. Coprodução de cartilhas e livros: resgate e valorização de saberes identitários;</p> <p>7. Divulgação científica em eventos nacionais e internacionais;</p> <p>8. Implantação do Laboratório Territorial de Formação, Pesquisa e Extensão.</p>	<p>9. Caracterização e avaliação de características morfológicas, agronômicas e nutricionais da batata-doce, da mandioca e do milho crioulo;</p> <p>10. Início dos processos de melhoramento genético participativo com a batata-doce, o milho e a palmeira-juçara;</p> <p>11. Multiplicação e disponibilização de sementes e mudas de milho crioulo, batata-doce e mandioca, considerando os aspectos para sua conservação, agroindustrialização, aceitação do consumidor, produtividade e resistência;</p> <p>12. Instalação do AgroBio – Diversidade, Laboratório Territorial de Agrobiodiversidade na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), unidade Dois Vizinhos, formado por um laboratório, casa de vegetação, área de cultivo e agrofloresta;</p> <p>13. Reativação da feira de produtos orgânicos na UTFPR Dois Vizinhos com o Centro de Apoio e Promoção da Agroecologia.</p>

Fonte: Autoria própria.

Como forma de sensibilizar a participação e contribuir para o fortalecimento do vínculo entre os atores locais e os atores e os pesquisadores, são utilizadas diferentes estratégias: círculo de cultura de Paulo Freire; mural de fotos; Mística “Juntos somos mais fortes”; varal dos sonhos; falas significativas; música de acolhida/apresentação; perguntas problematizadoras; mesa da partilha (Croda; Denardin; Campos, 2025). A quantidade e intensidade das ações desenvolvidas (Quadro 1) permitiram ao NAPI AT desencadear fortes impactos sociais, econômicos, ambientais, culturais e, sobretudo, mobilizar coletivos em torno do alimento territorialmente situado.

- Potencialização dos circuitos curtos de comercialização (criação de feiras locais);
- Fortalecimento dos programas institucionais (Programa de Aquisição de Alimentos e Programa Nacional de Alimentação Escolar);
- Geração de trabalho e renda para as famílias nos territórios;
- Valorização dos saberes-fazer, da identidade territorial e dos produtos alimentares da sociobiodiversidade;
- Ampliação da produção e processamento de alimentos agroecológicos em cozinhas e agroindústrias;



- Melhoria da segurança alimentar e nutricional das famílias, estudantes e território de ação;
- Fortalecimento da organização coletiva das associações e cooperativas;
- Distribuição de 2 mil mudas de batata-doce para parceiros e agricultores/as;
- Resgate de 45 variedades de batata-doce;
- Doação de 560 kg de variedades de milho;
- Distribuição de mudas de batata-doce na 18ª Festa Regional das Sementes Crioulas – 400 pessoas;
- Participação no Plano de Desenvolvimento Local Dois Vizinhos 2040: inserção de um programa de sementes crioulas;
- Promoção da agroecologia em parceria com a União Nacional das Cooperativas de Agricultura Familiar e Economia Solidária – apoio na transição agroecológica para 748 agricultores indiretamente;
- Apoio na jornada da natureza: plantio aéreo de 4 toneladas de juçara no estado do Paraná;
- Mais de 4 toneladas de alimentos agroecológicos colhidos resultantes do plantio das sementes e mudas distribuídas, cerca de mil unidades de hortaliças, 300 kg de tubérculos, 120 kg de frutas, 80 unidades de panificados e 35 grupos de comercialização.

A disseminação dos resultados alcançados pelo NAPI AT extrapola a produção acadêmica, principal forma de socializar os resultados alcançados pelos projetos de pesquisa. Tratando-se de um projeto pautado na pesquisa-ação, outras estratégias são mobilizadas, como oficinas pedagógicas em escolas e com agricultores nas mais diversas temáticas (Quadro 1), propiciando a comunicação, socialização e divulgação dos resultados e aprendizados construídos de forma dialogada entre pesquisadores e atores do território (Figura 3).

Para além da descrição das ações, dos impactos para os territórios, bem como das diferentes formas, modalidades e estratégias mobilizadas para disseminar/socializar os resultados, um conjunto de indicadores quantitativos (Figura 4) comprova o sucesso das ações que vêm sendo desenvolvidas de maneira dialógica com os atores locais. Os resultados alcançados reforçam o potencial transformador tanto na formação



acadêmica quanto na vida das comunidades de atuação do NAPI AT, valorizando os diferentes saberes em uma relação sujeito-sujeito.

Igualmente, observam-se impactos indiretos decorrentes da socialização de modelos de gestão e organização adotados nas cozinhas comunitárias e agroindústrias. Destacam-se, nesse contexto, a promoção e circulação de alimentos originários de variedades nativas e crioulas, cujos cultivo, preparo e consumo desempenham papéis fundamentais na conservação da agrobiodiversidade nos territórios. Ainda que difícil de quantificar, o alcance desses produtos se estende a estudantes e à população em geral, que os consomem por meio de feiras comunitárias e das políticas públicas de compra institucional, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), fortalecendo circuitos sustentáveis de alimentação e valorizando a agrobiodiversidade.



Figura 4 – NAPI Alimento e Território em números

(continua)

- Número de ICTs envolvidas: **34**
- Número de mesorregiões atendidas: **2**  
7 municípios no Litoral + 14 municípios no Sudeste do Paraná
- Número de coordenadores/pesquisadores: 3 coordenadores/11 pesquisadores
- Número de subprojetos/estudos/ações

**99 OFICINAS**

**167 FAMÍLIAS ATENDIDAS**

**10 SUBPROJETOS**

**140 ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS**

- Artigos publicados em periódicos Qualis/Capes: **23**
- Apresentação de trabalhos: **48**
- Resumos expandidos: **10**
- Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC): **2**
- Livros publicados/organizados: **9**
- Capítulos de livros: **20**
- Participação de eventos: **41**
- Organização de eventos: **15**
- Outros tipos de produção técnica: **5**

(conclusão)

NOME DA COMUNIDADE	QUANTIDADE DE FAMÍLIAS	QUANTIDADE DE PESSOAS
Associação Comunitária Candoga - Morretes, PR	24	48
ACOMÇU - Associação Comunitária do Guaraguaçu - Pontal do Paraná, P	20	40
Associação Filhos da Terra - Comunidade Agroflorestal José Lutzenberger - Antonina, PR	18	54
COAFASP - Cooperativa de Agroindústria de Salgado Filho - Salgado Filho, PR	10	30
COAFAR - Cooperativa Agropecuária Familiar Rural - Dois Vizinhos, PR	10	30
COOPAFI - Cooperativa Central da Agricultura Familiar Integrada do Paraná - Francisco Beltrão, PR	26	83
IDR - Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná: Marmeleiro e Renascença, PR	9	39
Salgado Filho, PR	15	45
Flor da Serra, PR	7	21
APROSUD - Associação de Produtores de Queijo Artesanal do Sudoeste do Paraná	13	50
Pré-Assentamento Dom Tomas Balduino e Associação dos Produtores orgânicosde Quedas do Iguaçu - Quedas do Iguaçu, PR	15	45
<b>TOTAL</b>	<b>167 FAMÍLIAS</b>	<b>485 PESSOAS</b>

Fonte: Autoria própria.

Legenda: ICT – instituições científicas e tecnológicas.



## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O NAPI AT tem se consolidado como iniciativa estratégica para o desenvolvimento territorial sustentável, promovendo a integração entre saberes tradicionais e o conhecimento científico na produção agroecológica e na valorização da agrobiodiversidade. As ações realizadas demonstram impacto direto na geração de trabalho e renda, fortalecimento de redes locais, segurança alimentar e reconhecimento da identidade sociocultural dos territórios atendidos.

Todavia, persistem desafios estruturais, como a escassez de mão de obra, dificuldades de acesso a equipamentos e limitações na assistência técnica especializada. Tais fatores impõem barreiras à expansão da produção in natura e agroindustrializada de alimentos e à sustentabilidade das ações, evidenciando a necessidade de políticas públicas específicas, apoio institucional contínuo e diversificação dos canais de comercialização, sobretudo aqueles vinculados à alimentação escolar.

Entre as possibilidades de expansão das ações do NAPI AT, destaca-se a valorização de culturas negligenciadas e promissoras, associando seu resgate e uso à constituição de sistemas alimentares territoriais, diversificando e garantindo maior qualidade à merenda escolar e produtos comercializados regionalmente em circuitos curtos de comercialização. Essa abordagem contribui para diversificar a produção, fortalecer a economia local e reforçar estratégias de conservação da agrobiodiversidade.

O fortalecimento das parcerias, a ampliação dos espaços de formação e a difusão de tecnologias sociais apropriadas representam caminhos estratégicos para ampliar o impacto das ações, em uma perspectiva do desenvolvimento territorial e de uma práxis territorial em rede, multiescalar (econômica, política, cultura, ecológica) e multidimensional (local, regional, global).



---

## REFERÊNCIAS

CAMPAGNE, P.; PECQUEUR, B. **Le développement territorial**: une réponse émergente à la mondialisation. Paris: Charles Léopold Mayer, 2014.

CRODA, J. P.; DENARDIN, V. F.; CAMPOS, C. V. A arte da construção coletiva: como mobilizar as comunidades rurais com a pesquisa-ação? *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL DE METODOLOGIAS QUALITATIVAS DE PESQUISA E/OU AÇÃO, 3., 2025, Tunja. **Anais** [...]. Tunja: UPTC, 2025.

DENARDIN, V. F.; SULZBACH, M. T. Ativação de recursos territoriais: processos de desenvolvimento no espaço rural. *In*: CURY, M. J. F.; SAQUET, M. A. (org.). **Territórios e territorialidades: a práxis na construção do desenvolvimento**. Cascavel: Edunioste, 2019. p. 67-82.

DENARDIN, V. F. *et al.* Abordagem territorial do desenvolvimento: dimensão natural e contribuições para o diagnóstico e prospecção de cenários. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 18, n. 1, p. 61-83, 2022. DOI: <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v18i1.6523>. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/6523>. Acesso em: 1 set. 2025.

DIONNE, H. **A pesquisa-ação para o desenvolvimento local**. Brasília, DF: Líber Livro, 2007.

GUMUCHIAN, H.; PECQUEUR, B. **La ressource territoriale**. Paris: Economica, 2007.

MOREIRA, C. A. B.; SIMÃO, J. V. C.; QUADROS, D. A. Patrimônio territorial: diálogo de saberes nas comunidades do litoral do Paraná/Brasil. *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL DE METODOLOGIAS QUALITATIVAS DE PESQUISA E/OU AÇÃO, 3., 2025, Tunja. **Anais [...]**. Tunja: UPTC, 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. [S. l.]: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2025.

PECQUEUR, B. O desenvolvimento territorial: uma nova abordagem dos processos de desenvolvimento para as economias do sul. **Raízes**, Campina Grande, v. 24, n. 1-2, p. 10-22, 2006. DOI: <https://doi.org/10.37370/raizes.2005.v24.243>. Disponível em: <https://raizes.revistas.ufcg.edu.br/index.php/raizes/article/view/243>. Acesso em: 1 set. 2025.

PECQUEUR, B. A guinada territorial da economia Global. **Política e Sociedade**, Florianópolis, v. 8, n. 14, p. 79-105, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7984.2009v8n14p79>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/politica/article/view/2175-7984.2009v8n14p79>. Acesso em: 1 set. 2025.

PECQUEUR, B. Esquisse d'une géographie économique territoriale. **L'Espace Géographique**, [s. l.], v. 43, n. 3, p. 198-214, 2014. DOI:



<https://doi.org/10.3917/eg.433.0198>. Disponível em: <https://shs.cairn.info/revue-espace-geographique-2014-3-page-198?lang=fr>. Acesso em: 1 set. 2025.

THIOLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.





---

# NAPI Biodiversidade:

## RESTORE

Mariana Fernandes Hertel<sup>1</sup>

Karla Cristina Tyskowski Teodoro Rodrigues<sup>2</sup>

Carlos André Stuepp<sup>3</sup>

Rosimeri de Oliveira Fragoso<sup>4</sup>

Jesiane Stefania da Silva Batista<sup>5</sup>

Lindamir Hernandez Pastorini<sup>6</sup>

André Luiz Martinez de Oliveira<sup>7</sup>

Halley Caixeta de Oliveira<sup>8</sup>

---

1 UEL - Londrina; mariana.fernandes-hertel@cea.fr

2 UEL - Londrina; karlatyskowski@gmail.com

3 UEPG - Ponta Grossa; castuepp@uepg.br

4 UEPG - Ponta Grossa; meri\_ol@yahoo.com.br

5 UEPG - Ponta Grossa; jesiane.batista@uepg.br

6 UEM - Maringá; lindamirpastorini@yahoo.com.br

7 UEL - Londrina; almoliva@uel.br

8 UEL - Londrina; halley@uel.br

## Resumo

Ao visar aumentar o sucesso de programas de reflorestamento e, conseqüentemente, auxiliar na mitigação das mudanças climáticas, o NAPI Biodiversidade: RESTORE atua tanto na inovação tecnológica, desenvolvendo soluções baseadas na natureza que aumentam o crescimento e a resistência de mudas arbóreas à seca, quanto no engajamento de *stakeholders* que trabalham com restauração ecológica no Paraná. Para isso, microrganismos (bactérias e fungos) associativos de plantas foram isolados de ecossistemas naturais, e seus benefícios, foram verificados em experimentos com mudas de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica, permitindo demonstrar a sua efetividade na promoção do crescimento e da resistência à seca. Resultados semelhantes foram obtidos com a aplicação de nanopartículas poliméricas carreando reguladores do crescimento vegetal, com a validação da nanotecnologia em condições de campo. Além disso, biomateriais compósitos produzidos de resíduos da agroindústria se mostraram efetivos para carrear microrganismos durante a produção de mudas. Uma *survey* direcionada aos *stakeholders* buscou entender suas dificuldades, demandas e a aceitação de novas tecnologias. Observou-se que o setor de viveiros de mudas nativas sofre com o baixo retorno econômico, recorrendo ao cultivo de espécies não nativas com maior retorno comercial – como *pinus* e eucalipto. Os *stakeholders* indicaram a seca como um dos principais causadores de mortalidade das plantas a campo, além de terem demonstrado boa aceitação das tecnologias propostas. Os resultados apontaram para a efetividade das soluções desenvolvidas, demonstrando boas perspectivas para sua aplicação no setor produtivo de mudas arbóreas, desde que haja maior incentivo governamental e fortalecimento das parcerias público-privadas.

**Palavras-chave:** biotecnologia; nanotecnologia; restauração ecológica.

## Abstract

Aiming to increase reforestation success and mitigate the effects of climate change, the NAPI Biodiversity: RESTORE acts on both technological innovation, developing nature-based solutions that enhance trees' resistance to drought, and engaging stakeholders who work on restoration in Paraná state. Therefore, we isolated associative microorganisms (bacteria and fungi) from natural ecosystems and tested their benefits in experiments with tree species native to the Atlantic Forest, thereby demonstrating their effectiveness in promoting growth and enhancing drought resistance. We found similar results with polymeric



nanoparticles carrying plant growth regulators, and this nanotechnology was validated under field conditions. Moreover, composite biomaterials produced with agro-industrial waste were effective in carrying microorganisms during the seedling production. A stakeholder-targeted survey aimed to understand their difficulties, needs, and acceptance of new technologies. We observed that the native seedling-producing nursery sector suffers with little economic return, resorting to cultivating more economically attractive plants (such as pine and eucalyptus). The stakeholders pointed out drought as one of the main causes of the plants' mortality in the field and accepted the proposed solution. These results highlighted the efficacy of the developed technological solutions and good perspectives on their use in the tree seedling-producing sector, as long as there are more governmental incentives and strengthening of the public-private partnership.

**Keywords:** biotechnology; nanotechnology; ecological restoration.



## 1 INTRODUÇÃO

67

A trajetória dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPI) Biodiversidade: RESTORE teve seu início em 2019, em um contexto de preocupação com a conservação da biodiversidade e as mudanças climáticas globais. Projeções climáticas indicam maior variabilidade de precipitação ao longo deste século, com eventos de seca mais frequentes e intensos, o que tem forte influência na biodiversidade florestal por causa dos impactos no funcionamento dos ecossistemas, na fisiologia vegetal e nas comunidades microbianas (Addison *et al.*, 2024).

Com o lançamento pela Biodiversa+ da chamada conjunta Biodiversidade e Mudanças Climáticas, um grupo de pesquisadores da Universidade Estadual de Londrina contactou potenciais parceiros da Alemanha, França e do estado de São Paulo para propor um projeto transnacional que pudesse ser submetido a esse edital.

Assim nasceu o RESTORE (nature-based solutions for improving reforestation), que tinha como objetivo principal desenvolver estratégias biotecnológicas inovadoras (materiais baseados na natureza e microrganismos

associativos de plantas) para aumentar a resistência de mudas de espécies arbóreas e a diversidade microbiana durante a restauração florestal. No fim de 2020, o RESTORE foi um dos 21 projetos selecionados pelo comitê avaliador da Biodiversa+<sup>9</sup>, entre os 231 concorrentes, sendo o único liderado por um pesquisador não europeu (Biodiversa, 2022). Como forma de aumentar a capilaridade do projeto e seu impacto no estado do Paraná, pesquisadores de outras instituições estaduais foram convidados a fazer parte da equipe, compondo o núcleo inicial do NAPI Biodiversidade.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

A restauração ecológica executada por meio do plantio de mudas de árvores nativas é considerada uma importante estratégia para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para a conservação da biodiversidade, acelerando a captura de carbono e a recuperação de habitats sensíveis, além do potencial de geração de novos produtos (Holl; Aide, 2011; Lewis *et al.*, 2019). Todavia, o seu sucesso é comprometido pela alta mortalidade das mudas no campo e pela dificuldade de restaurar a microbiota do solo, problemas que são amplificados por eventos de seca (Palma; Laurence, 2015). Esses desafios estão associados, principalmente, à fase de estabelecimento das mudas, considerada o ponto mais vulnerável em projetos de restauração ecológica, uma vez que condições de estresse – como déficit hídrico, competição com plantas invasoras e limitações nutricionais – comprometem o desenvolvimento e a sobrevivência das espécies plantadas (Carpanezzi; Nicodemo, 2009).

---

9 Rede europeia de fundações nacionais e regionais de fomento a pesquisas de caráter transnacional voltadas para a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e as soluções baseadas na natureza. Disponível em: <https://www.biodiversa.eu/>. Acesso em: 7 ago. 2025.



O RESTORE explora a interação entre plantas e microrganismos em ecossistemas florestais expostos à seca – Mata Atlântica paranaense, floresta temperada alemã e floresta mediterrânea francesa –, de forma a aumentar o conhecimento sobre a resistência à seca de espécies arbóreas e da microbiota associada. Igualmente, desenvolve estratégias biotecnológicas para melhorar programas de restauração ecológica em um cenário de mudanças climáticas. O projeto também tem buscado o engajamento de diferentes *stakeholders* e a disseminação do conhecimento para a sociedade, para ampliar os seus impactos no estado do Paraná. Particularmente, o contato com viveiristas produtores de mudas arbóreas nativas da Mata Atlântica é essencial, tanto para compreender melhor as demandas e os desafios práticos da produção de mudas quanto para estabelecer parcerias que permitam testar as soluções propostas em cenários mais realistas.



### 3 DESENVOLVIMENTO

Ao longo do projeto, diferentes modelos de simulação de déficit hídrico foram aplicados às mudas arbóreas. Estes incluíram: o controle gravimétrico do conteúdo de água no solo para seca moderada; a interrupção completa da irrigação para seca severa; e o método de capilaridade (Lima, 2023; Carmo *et al.*, 2021; do Carmo, 2022; Rodrigues, 2025). Vários traços funcionais de mudas arbóreas foram avaliados, como a evolução de sintomas de murcha e necrose, conteúdo relativo de água na folha, potencial hídrico do caule, condutância estomática, atividade do fotossistema II, marcadores de estresse oxidativo e traços morfométricos (massa, comprimento e diâmetro de órgãos vegetais).

Para a avaliação do impacto de fatores abióticos e bióticos em comunidades microbianas de solo florestal, utilizaram-se as técnicas clássicas de microbiologia (isolamento em meio de cultivo) e técnicas moleculares (sequenciamento de genes 16S RNAr e região intergênica de fungos). Além disso, foi feita a prospecção de novas linhagens, que foram testadas

em mudas arbóreas de várias espécies nativas da Mata Atlântica. Os isolados bacterianos foram caracterizados com relação ao potencial biotecnológico e posicionamento filogenético, enquanto as sequências gênicas de microbiomas foram analisadas para determinação da influência de fatores como posição geográfica e clima sobre a biodiversidade microbiana dos solos estudados (Carneiro, 2022; Serqueira, 2023).

Diferentes tipos de biomateriais inovadores foram desenvolvidos e/ou testados ao longo do projeto quanto ao seu potencial de promover o crescimento vegetal e a resistência à seca. Destacaram-se os nanomateriais carreadores de reguladores do crescimento vegetal (Campos *et al.*, 2023) e os biomateriais compósitos baseados em resíduos da agroindústria para o carregamento de microrganismos e compostos bioativos (Pereira *et al.*, 2023).

Além disso, visando compreender mais profundamente os desafios e as demandas do setor produtivo de mudas de arbóreas nativas da Mata Atlântica do Paraná, foi realizada uma busca pelos *stakeholders* prioritários desse segmento: os viveiristas que produzem essas plantas e executam projetos de reflorestamento. Para tanto, foi utilizada a plataforma Econodata, aplicando como filtro o código da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) A-0210-1/06: Cultivo de mudas em viveiros florestais. Adicionalmente, foram obtidas informações sobre viveiros e organizações não governamentais que se encaixavam no perfil dos *stakeholders* prioritários por meio de parceiros dos NAPIS.

Com o mesmo objetivo, foi elaborado um questionário do tipo *survey*, abordando todas as etapas do cultivo das mudas no viveiro até o seu plantio a campo, a fim de diagnosticar os principais problemas e compreender as necessidades dos viveiristas ao longo desse processo. O questionário visou também avaliar a receptividade dos viveiristas em relação às soluções baseadas na natureza propostas pelo projeto. O questionário foi intitulado como “Cultivo de mudas de espécies nativas da Mata Atlântica:



características, problemas e demandas” (parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa número 6.186.930).<sup>10</sup>

---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O projeto visa contribuir com os seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 15 (Vida terrestre), por propor estratégias para recuperar e promover o uso sustentável das florestas e para reverter a degradação da Terra; 13 (Ação contra a mudança global do clima), por sugerir estratégias para combater a mudança climática e seus impactos; 12 (Consumo e produção sustentáveis), por desenvolver materiais de resíduos biodegradáveis; 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), por ter implicações para a arborização urbana, que é essencial para cidades resilientes e sustentáveis; 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), por fomentar a inovação por meio de tecnologias verdes; 2 (Fome zero e agricultura sustentável), pela importância da conservação de florestas para a agricultura sustentável e possibilidade de as tecnologias serem utilizadas em cultivos agrícolas.



---

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

As análises metagenômicas permitiram uma compreensão profunda da diversidade, estrutura e função das comunidades microbianas presentes

---

<sup>10</sup> Uma cópia do questionário está disponível em: [https://docs.google.com/forms/d/1GBI50S-xaVm3qW-7z-gRvgqumncwPSjgxOJCdcccEuaY/edit?usp=forms\\_home&ouid=105308370365424897926](https://docs.google.com/forms/d/1GBI50S-xaVm3qW-7z-gRvgqumncwPSjgxOJCdcccEuaY/edit?usp=forms_home&ouid=105308370365424897926). Acesso em: 7 ago. 2025.

no solo, mostrando-se uma estratégia eficiente na detecção de alterações na composição e função das comunidades microbianas causadas por mudanças no uso da terra (agricultura, urbanização), processos de restauração ecológica e cobertura vegetal. Particularmente, a avaliação realizada no Parque Nacional do Iguaçu indicou que a estrutura das comunidades bacterianas do solo foi influenciada sobretudo pela diversidade de espécies arbóreas, enquanto os atributos físicos e químicos do solo tiveram pouca influência (Tomachewski, 2024). Além disso, a comparação das comunidades microbianas de solos preservados, restaurados e agrícolas nos Campos Gerais do Paraná indicou uma diferenciação taxonômica clara entre os tipos de uso da terra. Mesmo assim, as comunidades microbianas mantiveram seu potencial funcional ao longo de gradientes de uso da terra, destacando a resiliência das funções do solo e o valor ecológico da restauração passiva em paisagens degradadas (Prestes, 2024).

Os dados do microbioma também auxiliaram na bioprospecção direcionada, resultando em mais de 2.800 isolados de bactérias e fungos provenientes de solo florestal. Assim, ao considerar apenas as pesquisas realizadas no Paraná, 516 linhagens bacterianas foram isoladas e caracterizadas, levando à seleção de candidatos para serem testados *in planta* (Carneiro, 2022). Os resultados até o momento indicaram ao menos quatro linhagens bacterianas com alto potencial de uso como bioinoculantes para promover o crescimento de mudas arbóreas e sua resistência à seca (Figura 1; Serqueira, 2023; Silva, 2023).

Além das bactérias, foram aplicados fungos benéficos para a produção de mudas arbóreas (Franco, 2024; Guerreiro, 2024; Lima, 2024). A aplicação de *Trichoderma harzianum* (comercial) e *Trichoderma asperellum* (fornecido por pesquisadores da Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro) melhorou o desempenho de mudas de diferentes espécies da Mata Atlântica sob déficit hídrico e permitiu maior recuperação das plantas quando reidratadas (Figura 1; Vitali *et al.*, 2024). As mudas irrigadas e inoculadas com os fungos também apresentaram aumento das variáveis de crescimento, em comparação às mudas não inoculadas. Assim, no geral, a aplicação dos fungos *T. harzianum* e *T. asperellum* foi eficaz para obtenção de mudas mais vigorosas e tolerantes à seca.



Figura 1 – Exemplos de soluções baseadas na natureza desenvolvidas no âmbito do NAPI Biodiversidade para a promoção do crescimento vegetal e da resistência à seca



Fonte: Autoria própria.

Paralelamente, diferentes nanopartículas produzidas de biopolímeros se mostraram efetivas para o carregamento de reguladores do crescimento vegetal, incluindo nanopartículas de quitosana contendo doador de óxido nítrico, nanopartículas de alginato/quitosana com ácido giberélico e nanopartículas de lignina/zeína contendo ácido abscísico. Destaca-se o potencial demonstrado pelos nanodoadores de óxido nítrico em proteger mudas arbóreas contra a seca e reduzir a mortalidade após o transplante no campo (Figura 1) (Carmo *et al.*, 2021; Mello, 2022; Carmo, 2022; Guariz, 2023). Também foram desenvolvidos biomateriais compósitos baseados em resíduos da agroindústria, como hidrogéis, espumas e tubetes biodegradáveis (Pereira *et al.*, 2023; Neumann, 2025). De maneira particular, as espumas destacaram-se como altamente efetivas para o carregamento de bactérias associativas e a promoção do crescimento vegetal (Figura 1).

A busca por viveiros que produzem mudas de espécies nativas da Mata Atlântica revelou um número reduzido de empresas nesse setor. No estado do Paraná, foram identificados apenas nove viveiros com produção voltada ao fornecimento de espécies nativas para projetos de restauração



ecológica. Isso representa uma baixa porcentagem das empresas do segmento, com o restante concentrando sua produção em espécies de maior apelo comercial, como *pinus*, eucalipto, erva-mate, café, frutíferas, ornamentais e hortaliças. Mesmo entre os viveiros que produzem mudas de nativas, a maior parte não depende exclusivamente dessa produção, mantendo paralelamente o cultivo de espécies mais rentáveis para garantir a viabilidade econômica do empreendimento.

Nesse contexto, os viveiros florestais mantidos pelo Instituto Água e Terra (IAT) assumem um papel de grande relevância no Paraná. Distribuídos em diferentes regiões do estado, são responsáveis por uma produção significativa de mudas de espécies nativas, suprimindo uma demanda que o setor privado, por limitações econômicas ou logísticas, muitas vezes não consegue atender de forma satisfatória, sobretudo em regiões mais remotas ou com baixa atratividade comercial. Essa realidade reforça a importância de uma maior integração com centros de pesquisa e inovação tecnológica, viabilizando a atualização dos protocolos de produção de mudas e a incorporação de soluções baseadas na natureza nos sistemas produtivos.

Outras dificuldades enfrentadas estão relacionadas ao cultivo das espécies nativas nos viveiros. Durante a fase inicial de produção, os principais problemas apontados pelos viveiristas foram a disponibilidade de sementes, a necessidade de quebra de dormência e o baixo percentual de germinação. Com exceção da disponibilidade de sementes, que depende de fatores externos como coleta e oferta de matrizes, as demais dificuldades podem ser superadas por meio das soluções biotecnológicas propostas no âmbito do RESTORE (Souza *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2021). Quanto à fase de crescimento das mudas, os viveiristas destacaram como principais causas de mortalidade os estresses ambientais e as doenças fúngicas. Nesse contexto, tanto as bactérias associativas quanto as nanopartículas contendo reguladores do desenvolvimento vegetal têm demonstrado potencial para aumentar a resistência das plantas a estresses (Aleksieienko *et al.*, 2025; Campos *et al.*, 2023).

Outra observação importante levantada pelos viveiristas foi a falta de conhecimento sobre a germinação das espécies nativas, que se conecta diretamente a outros desafios relatados, como as diferenças no tempo de



germinação das sementes, os problemas no processo de repicagem das plântulas e o crescimento lento de várias espécies. Esses obstáculos evidenciam a necessidade de aproximação entre o setor acadêmico e o setor produtivo de mudas, uma vez que experimentos conduzidos em condições controladas nas universidades podem fornecer informações valiosas sobre a biologia das espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica, fortalecendo a cadeia de produção de mudas.

O entendimento da biologia das espécies nativas também é indispensável para o sucesso dos empreendimentos de restauração ecológica, pois a fase de estabelecimento constitui o ponto frágil do plantio de mudas (Svejcar; Davies; Ritchie, 2023). Essa dificuldade foi reforçada pelos viveiristas entrevistados, que apontaram estresses tanto bióticos quanto abióticos como responsáveis pela mortalidade das mudas após o plantio. Entre os estresses bióticos, todos destacaram a competição com plantas inibidoras, especialmente gramíneas invasoras, como um dos principais fatores que comprometem o desenvolvimento das mudas a campo, além da herbivoria. Entre os abióticos, a falta de água liderou como a principal causa de mortalidade, seguida do excesso de luminosidade, deficiência nutricional, ocorrência de geadas e alagamentos.

Assim como a aplicação dos bioestimulantes melhora a germinação das sementes, o tratamento de mudas ou sementes com as soluções baseadas na natureza propostas pelo NAPI Biodiversidade pode resultar em plantas mais aptas ao enfrentamento das condições estressantes a campo, apresentando maiores chances de sobrevivência (Grossnickle, 2012). Em pesquisas realizadas com bactérias dos gêneros *Paraburkholderia*, *Priestia* e *Pseudomonas*, isoladas de espécies nativas dos Campos Gerais do Paraná, e com o inoculante comercial *Azospirillum brasilense*, observou-se que as mudas de leguminosas arbóreas, quando tratadas com essas bactérias, apresentaram crescimento, superior tanto em viveiro quanto em campo, em comparação aos controles não inoculados, além de maior eficiência no uso de fertilizantes (Lima, 2022; Mota, 2022; Felix, 2023; Kuhn, 2023; Pontarolo, 2023). Esses resultados reforçam o potencial da inoculação como ferramenta para a restauração ecológica diante das mudanças climáticas globais.



Para além dos potenciais benefícios biológicos, o estudo também revelou a boa aceitação das soluções propostas entre os viveiristas entrevistados. Todos os participantes da *survey* afirmaram que utilizariam – ou já utilizaram – produtos à base de bioestimulantes<sup>11</sup>. As principais razões para essa aceitação foram o melhor custo-benefício, a expectativa de desempenho superior aos produtos disponíveis no mercado e a afinidade por novas tecnologias. Da mesma forma, todos os viveiristas demonstraram aceitação quanto ao uso de produtos baseados em nanotecnologia<sup>12</sup>, considerando os mesmos critérios de custo, eficácia e inovação. Por fim, um dos viveiristas destacou como motivação adicional o fato de nanoprodutos poderem gerar menos resíduos de difícil degradação ao meio ambiente.

Apesar da grande receptividade geral às inovações, apenas um viveirista relatou resistência ao uso de tubetes biodegradáveis contendo compostos reguladores do crescimento vegetal. As razões alegadas foram a dificuldade de substituir tecnologias já consolidadas no viveiro e o possível aumento no custo de produção. Isso demonstra que as principais barreiras à adoção de novas tecnologias no setor estão mais ligadas a questões logísticas e econômicas, que impactam diretamente a operação dos viveiros. Desse modo, é fundamental que as soluções inovadoras desenvolvidas pela academia considerem não apenas sua eficácia, mas também a viabilidade prática, o custo de implementação e a compatibilidade com os sistemas de produção dos viveiros, garantindo maior competitividade e potencial de adoção em larga escala.



<sup>11</sup> Aqui definidos como compostos de origem natural capazes de promover o maior crescimento das mudas e/ou torná-las mais resistentes a estresses bióticos e abióticos.

<sup>12</sup> Definidos como compostos/produtos em escala nanométrica.

---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O NAPI Biodiversidade: RESTORE, ao longo de sua trajetória, demonstrou que, além da escolha de um tema relevante, o engajamento com *stakeholders* de diferentes setores – pesquisadores, instituições governamentais, organizações não governamentais e produtores – é fundamental para alcançar resultados significativos. Essa abordagem colaborativa não apenas ampliou a compreensão sobre os desafios técnicos e sociais relacionados à restauração ecológica, como também contribuiu para identificar as reais necessidades e barreiras enfrentadas pelos atores envolvidos. Assim, reafirma-se o valor da ciência aplicada em rede multidisciplinar e destaca-se a importância de ações integradas para a conservação da biodiversidade e a promoção do desenvolvimento sustentável no Paraná.

As respostas obtidas pelo questionário sinalizaram boas perspectivas para futuras parcerias entre as universidades paranaenses e os *stakeholders*. O setor acadêmico pode se beneficiar do teste das soluções de viveiros que já têm a *expertise* na produção de mudas arbóreas nativas, ao passo que os viveiristas podem se beneficiar de produtos inovadores e mais eficazes do que os atualmente disponíveis, contribuindo para o avanço mais rápido das novas tecnologias. Além de poder contribuir para a produção de mudas pelo setor público, espera-se que essa parceria melhore o retorno econômico da produção de mudas nativas e o seu plantio a campo, tornando essa atividade mais atraente para o setor privado. Para tanto, é essencial a discussão com o governo estadual referente ao aprimoramento de políticas públicas, para que a restauração ecológica se torne mais efetiva no Paraná, trazendo benefícios econômicos e ecológicos para o estado.



---

## REFERÊNCIAS

ADDISON, S. *et al.* Partner or perish: tree microbiomes and climate change. **Trends in Plant Science**, [s. l.], v. 29, n. 9, p. 1029-1040, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2024.03.008>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1360138524000645>. Acesso em: 1 set. 2025.

ALEKSIEIENKO, I. *et al.* Soil-gradient-derived bacterial synthetic communities enhance drought tolerance in *Quercus pubescens* and *Sorbus domestica* seedlings. **Plants**, [s. l.], v. 14, p. 1659, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14111659>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/14/11/1659>. Acesso em: 1 set. 2025.

BIODIVERSA. BiodivERsA 2019-2020 call for proposals. **BiodivERsA**, [s. l.], 2022. Disponível em: [https://www.biodiversa.eu/wp-content/uploads/2022/12/biodiversa\\_2019-2020\\_call-proposals.pdf](https://www.biodiversa.eu/wp-content/uploads/2022/12/biodiversa_2019-2020_call-proposals.pdf). Acesso em: 30 jul. 2025.

CAMPOS, E. V. R. *et al.* Encapsulated plant growth regulators and associative microorganisms: Nature-based solutions to mitigate the effects of climate change on plants. **Plant Science**, [s. l.], v. 331, p. 111 - 688, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111688>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016894522300105X>. Acesso em: 1 set. 2025.

CARNEIRO, M. C. **Diversidade genética de representantes do bacterioma associado à duas espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica**. 2022. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

CARPANEZZI, A. A.; NICODEMO, M. L. F. **Recuperação de mata ciliar e reserva legal florestal no noroeste paulista**. Colombo: Embrapa Florestas; São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

CARMO, G. C. **Efeito de doador de óxido nítrico nanoencapsulado sobre mudas de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica submetidas à deficiência hídrica severa**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.



CARMO, G. C. *et al.* Nanoencapsulation improves the protective effects of a nitric oxide donor on drought-stressed *Heliocarpus popayanensis* seedlings. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 225, p. 112713, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112713>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321008253?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

FELIX, M. A. **Qualidade de mudas de *Mimosa strobiliflora* em resposta à inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

FRANCO, K. F. V. **Utilização de *Trichoderma spp.* no desempenho de mudas de espécies arbóreas nativas em resposta à seca**. 2024. Tese (Doutorado em Biologia Comparada) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2024.

GROSSNICKLE, S. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, [s. l.], v. 43, p. 711-738, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-012-9336-6>. Acesso em: 1 set. 2025.

GUARIZ, H. R. **Respostas ecofisiológicas de mudas de espécies arbóreas a estresses abióticos e a doadores de óxido nítrico**. 2023. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

GUERREIRO, R. G. O. **Respostas morfofisiológicas de espécies arbóreas submetidas ao alagamento e suspensão hídrica**. 2024. Tese (Doutorado em Biologia Comparada) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2024.

HOLL, K.; AIDE, M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 261, p. 1558-1563, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112710003750>. Acesso em: 1 set. 2025.

KUHN, Y. A. **Uso de bactérias promotoras do crescimento vegetal no crescimento inicial a campo de *Senna macranthera***. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

LEWIS, S *et al.* Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. **Nature**, [s. l.], v. 568, p. 25-28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/>



d41586-019-01026-8. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01026-8>. Acesso em: 1 set. 2025.

LIMA, F. N. **Bactérias promotoras do crescimento vegetal e nutrição mineral na qualidade de mudas de *Senna macranthera***. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.

LIMA, J. D. O. **Efeito da coinoculação de bactérias promotoras de crescimento em mudas de espécies arbóreas neotropicais submetidas ao déficit hídrico severo**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

LIMA, K. E. S. **Aplicação de *Trichoderma harzianum* Rifai em plantas jovens de *Plinia cauliflora* (Mart.) Kausel como contribuição ao crescimento e sobrevivência em períodos de seca**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2024.

MELLO, J. V. S. **Efeito de doador de óxido nítrico nanoencapsulado sobre a fisiologia de mudas de *Cecropia pachystachya* Trécul submetidas ao déficit hídrico**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

MOTA, R. M. **Bactérias nativas dos campos gerais como promotoras do crescimento de mudas de *Mimosa flocculosa* Burkart**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.

NEUMANN, A. **Mitigação do déficit hídrico em ecossistemas edáficos por materiais biodegradáveis funcionais: uma abordagem metabolômica**. 2025. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

PALMA, A. C.; LAURENCE, S. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**, [s. l.], v. 18, p. 561-568, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12173>. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/avsc.12173>. Acesso em: 1 set. 2025.



PEREIRA, A. E. S. *et al.* Nanotechnology potential in seed priming for sustainable agriculture. **Nanomaterials**, [s. l.], v. 11, p. 267, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano11020267>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4991/11/2/267>. Acesso em: 1 set. 2025.

PEREIRA, J. F. *et al.* Perspectives on the use of biopolymeric matrices as carriers for plant-growth promoting bacteria in agricultural systems. **Microorganisms**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 467, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020467>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/2/467>. Acesso em: 1 set. 2025.

PONTAROLO, K. C. **Bactérias promotoras do crescimento vegetal no desenvolvimento inicial a campo de *Mimosa scabrella***. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

PRESTES, L. **Dinâmica da estrutura microbiana em solos de campos nativos (bioma Mata Atlântica):** comparação metagenômica entre áreas de uso agrícola, restauração e preservação. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2024.

RODRIGUES, L. C. D. **Tolerância à seca em espécies arbóreas e arbustivas da floresta estacional semidecidual**. 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.

SERQUEIRA, J. M. **Cooperatividade de representantes do bacterioma associado à espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica para formação de mudas**. 2023. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

SILVA, L. M. **Análise da inoculação de bactérias benéficas sobre indicadores fisiológicos de estresse e desenvolvimento de plântulas de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) sob estresse hídrico induzido por polietilenoglicol**. 2023. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

SOUZA, N. L. *et al.* Differential impacts of plant growth-promoting bacteria (PGPB) on seeds of neotropical tree species with contrasting tolerance to shade. **Trees**, [s. l.], v. 34, p. 121-132, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01902-w>.



Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00468-019-01902-w>. Acesso em: 1 set. 2025.

SVEJCAR, L. N.; DAVIES, K. W.; RITCHIE, A. L. Ecological restoration in the age of apocalypse. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 29, p. 4706-4710, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16809>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.16809>. Acesso em: 1 set. 2025.

TOMACHEWSKI, D. **Ecologia bacteriana do solo do Parque Nacional de Iguçu, Brasil**. 2024. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2024.

VITALI, K. F. *et al.* Use of *Trichoderma harzianum* on the performance of young *Inga laurina* (Sw.) Willd. (Fabaceae) plants in response to drought. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 84, e289149, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.289149>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/cZ8NJ3P4XgGNKgjFnsJXxGr/?lang=en>. Acesso em: 1 set. 2025.





---

# NAPI Biodiversidade:

## recursos genéticos e biotecnologia

André Luiz Martinez de Oliveira<sup>1</sup>

Armando Mateus Pomini<sup>2</sup>

Christopher Thomas Blum<sup>3</sup>

Halley Caixeta de Oliveira<sup>4</sup>

Renata Stolf Moreira<sup>5</sup>

Fabiana Gisele da Silva Pinto<sup>6</sup>

Jesiane Stefania da Silva Batista<sup>7</sup>

Lindamir Hernandez Pastorini<sup>8</sup>

Nelson Luiz Cosmo<sup>9</sup>

Paulo Roberto da Silva<sup>10</sup>

---

83

---

1 UEL - Londrina; [almoliva@uel.br](mailto:almoliva@uel.br)

2 UEM - Maringá; [ampomini@uem.br](mailto:ampomini@uem.br)

3 UFPR - Curitiba; [ctblum@ufpr.br](mailto:ctblum@ufpr.br)

4 UEL - Londrina; [halley@uel.br](mailto:halley@uel.br)

5 UEL - Londrina; [stolf@uel.br](mailto:stolf@uel.br)

6 UNIOESTE - Cascavel; [fabiana.pinto@unioeste.br](mailto:fabiana.pinto@unioeste.br)

7 UEPG - Ponta Grossa; [jesiane.batista@uepg.br](mailto:jesiane.batista@uepg.br)

8 UEM - Maringá; [lhpastorini@uem.br](mailto:lhpastorini@uem.br)

9 UFPR - Curitiba; [ncosmo@ufpr.br](mailto:ncosmo@ufpr.br)

10 UNICENTRO - Guarapuava; [prsilva@unicentro.br](mailto:prsilva@unicentro.br)

## Resumo

A biodiversidade é a maior provedora de produtos e serviços para a humanidade, em conjunto denominado de serviços ecossistêmicos. No último século, a crescente demanda por matérias-primas para atender às necessidades humanas resultou em forte degradação ambiental, comprometendo a manutenção da biodiversidade e, conseqüentemente, dos serviços ecossistêmicos. Os impactos negativos da intervenção humana sobre o meio ambiente evidenciam a necessidade urgente de reduzir o consumo e adotar novos modelos de desenvolvimento que promovam o equilíbrio entre uso, restauração e conservação dos recursos naturais. Modelos de desenvolvimento orientados por soluções baseadas na natureza ganham destaque, sendo que investimentos no conhecimento amplo dos recursos genéticos disponíveis e seu potencial biotecnológico fundamentam o uso de produtos e processos de transformação e a reciclagem de resíduos e recursos naturais renováveis, enquanto reduzem o consumo e o extrativismo. Nesse sentido, o NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia realiza ações de caracterização, prospecção, valorização e conservação da biodiversidade – animais, plantas e microrganismos – que evidenciam a importância da proteção ambiental para impulsionar o desenvolvimento de soluções biotecnológicas para problemas emergentes das sociedades local, regional, nacional e global. Portanto, recursos genéticos constituem um ativo importante para alcançar novos modelos de desenvolvimento econômico e social, sustentáveis e perduráveis, em consonância com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Parte dos trabalhos desenvolvidos por mais de uma centena de pesquisadores e uma dezena de instituições (ensino, pesquisa, sociedade civil organizada e setor produtivo) vinculadas ao NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia é apresentado neste capítulo.

**Palavras-chave:** soluções baseadas na natureza; ecossistemas; biodiversidade.

## Abstract

Biodiversity is the largest provider of products and services to humanity, collectively known as ecosystem services. Over the last century, the growing demand for raw materials to meet human needs has led to significant environmental degradation, compromising the maintenance of biodiversity and, consequently, the services it provides. The negative ecological impacts of human intervention highlight the urgent need to reduce consumption and adopt new development models that strike a balance between using, restoring, and conserving natural resources. Development models guided by nature-based solutions are gaining



increasing popularity. These models are underpinned by investments in the broad knowledge of available genetic resources and their biotechnological potential. They are used to create products and processes for transforming and recycling waste and renewable natural resources, while reducing consumption and extractivism. In this sense, NAPI Biodiversity: Genetic Resources and Biotechnology carries out actions to characterize, prospect, enhance, and conserve biodiversity, including animals, plants, and microorganisms. This highlights the importance of environmental protection in driving the development of biotechnological solutions to emerging societal problems at local, regional, national, and global levels. Therefore, genetic resources are important for achieving sustainable and lasting economic and social development models, in line with the 2030 Agenda of the United Nations and the Sustainable Development Goals. This work is carried out by more than 100 researchers and a dozen institutions (including education, research, organized civil society, and the productive sector) linked to NAPI Biodiversity: Genetic Resources and Biotechnology, which is presented in this chapter.

**Keywords:** nature-based solutions; ecosystems; biodiversity.



## 1 INTRODUÇÃO

O estado do Paraná é privilegiado em sua biodiversidade, pela ocorrência de unidades fitogeográficas com características bastante específicas (floresta ombrófila mista, floresta ombrófila densa, floresta estacional semidecidual, estepe e savana) e zonas de transição (ecótonos) entre Mata Atlântica e o limite sul do Cerrado. Essas paisagens diversificadas contribuem para a existência de espécies endêmicas ou de populações – plantas, animais ou microrganismos – com características genéticas diferenciadas.

Ainda, destaca-se que o desenvolvimento sustentável constitui prioridade política no estado do Paraná (OECD, 2021). Desde a década de 1990, o estado vem trabalhando ativamente no cenário brasileiro para alinhar suas políticas públicas a um modelo de desenvolvimento econômico e social

equilibrado, sem comprometimento de seus recursos naturais. Mais recentemente, o Paraná desenvolveu um plano de desenvolvimento sustentável dedicado à construção de uma visão de longo prazo de condutas estaduais alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com base em planos, iniciativas, estratégias e ações prospectivas existentes para avançar na implementação da Agenda 2030 em seu território.

Todavia, a biodiversidade nativa do estado do Paraná é pouco conhecida e explorada e sofre a ameaça potencial de diminuição pela carência de esforços voltados à implementação de instrumentos de conservação e pela falta de coleta, exploração, caracterização e resgate de organismos nos ambientes sob cobertura vegetal nativa. O NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia realiza ações coordenadas e direcionadas à ampliação do conhecimento sobre a biodiversidade do estado do Paraná, pensadas para subsidiar a criação de instrumentos para a conservação e o desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos. Essas ações envolvem a avaliação dos estoques, indicação de áreas com biodiversidade abundante e áreas com biodiversidade endêmica, ações de conservação e resgate da biodiversidade, além da seleção dos componentes da biodiversidade com potencial para aplicações na agroindústria, produção animal, saúde, meio ambiente e indústria de transformação.



---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

O desenvolvimento da sociedade humana está historicamente fundamentado no uso da biodiversidade, desde os princípios ativos para combater doenças e a diversidade genética de espécies selvagens e cultivadas até a multiplicidade de espécies e funções envolvidas em processos ecossistêmicos. Atualmente, a biodiversidade constitui o pilar para a elaboração de

produtos, processos e serviços de base biotecnológica voltados à segurança alimentar, ambiental, sanitária e econômica do ser humano.

Nesse contexto, deve-se considerar o potencial protagonismo do Brasil nesse campo, por abranger grande parcela da biodiversidade do planeta, com elevado endemismo de espécies e variedade de ecossistemas. Em contrapartida, a aceleração da perda de ecossistemas (desmatamento, uso para atividades extrativistas e agropecuárias) e a degradação ambiental resultam em perda da biodiversidade e são fatores de risco para o desenvolvimento da bioeconomia no país.

A aliança entre biodiversidade, tecnologia e inovação é a base da bioeconomia e é representada pela biotecnologia, que consiste em um conjunto de procedimentos em que a matéria-prima essencial para a inventividade e inovação provém da natureza. Além disso, as atividades do setor estão no cerne de grande parte dos ODS da Organização das Nações Unidas (ONU), desde a segurança alimentar até a garantia de acesso à energia e saúde. Dada a estreita relação entre biodiversidade, recursos genéticos, biotecnologia e os ODS, o NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia apresenta-se como um instrumento de transformação da realidade local, regional, nacional e global, em atendimento às demandas prioritárias do estado do Paraná em temas relacionados com a biodiversidade e sua conservação. A agregação de valor a componentes da biodiversidade por meio de pesquisa, desenvolvimento e inovação contribui para gerar e/ou aprimorar produtos e processos, otimizando a geração de riquezas.

A emergência climática imposta no cenário atual (e futuro) ressalta a importância crescente dos recursos genéticos e da biotecnologia como parte da solução para mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas (FAO, 2017). Nesse contexto, há uma crescente oferta de novos produtos biológicos para os setores primários de produção em nível global, enquanto a perda da biodiversidade nativa dos biomas brasileiros é imposta à revelia dos apelos da comunidade científica e da sociedade civil organizada. A eliminação de ativos biotecnológicos ainda desconhecidos representa uma ameaça invisível, mas real ao progresso econômico, científico e tecnológico, à sustentabilidade ambiental e à segurança humana. As ações coordenadas do NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia



para a ampliação do conhecimento sobre a rica biodiversidade do estado do Paraná viabilizam a elaboração de instrumentos para sua conservação e propiciam o desenvolvimento de suas potencialidades tecnológicas, por meio do resgate e da seleção da biodiversidade, que é crucial para a inovação em saúde, agricultura e meio ambiente.

---

### 3 DESENVOLVIMENTO

As ações de pesquisa e desenvolvimento propostas pelo NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia estão fundamentadas no uso racional dos recursos genéticos do estado do Paraná para encontrar soluções ambientalmente responsáveis para problemas emergentes, como as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade, a sustentabilidade dos processos produtivos e o combate a doenças e patógenos em seres humanos, animais e plantas.

As contribuições já alcançadas para a proteção e preservação da biodiversidade são resultado direto das atividades de pesquisa e compreendem, por exemplo, a ampliação do conhecimento sobre a biodiversidade nativa – animal, vegetal e microbiana – com informações inéditas e essenciais para subsidiar o desenvolvimento de produtos e processos de base biotecnológica e a tomada de decisões para implementar novas áreas de proteção ambiental. O impacto da atividade agropecuária na biodiversidade microbiana em solos tem indicado a necessidade da adoção de modelos de produção mais diversificados para a restauração de funções ecossistêmicas, e a caracterização da biodiversidade microbiana tem levado à descrição de novas espécies (Micolino *et al.*, 2024; Becker *et al.*, 2025). Também foi formada uma grande coleção de microrganismos com potencial aplicação biotecnológica, com vários representantes caracterizados e alguns transferidos ao setor produtivo (Groff *et al.*, 2024; Nascimento *et al.*, 2024).

A prospecção da biodiversidade vegetal e animal para o desenvolvimento de produtos biotecnológicos aplicados à saúde, à agricultura



e ao meio ambiente se estrutura em três atividades principais: estudos químicos de plantas e microrganismos, ensaios biológicos e desenvolvimento de antígenos recombinantes por meio de venenos de aracnídeos. Essas atividades reuniram pesquisadores dedicados à identificação de metabólitos de plantas, microrganismos e animais. Em colaboração com especialistas, as equipes, compostas de biólogos, biomédicos, farmacêuticos e químicos, foram organizadas para promover interação sinérgica e complementaridade, em ensaios biológicos anticâncer, antimicrobianos e aleloquímicos, no desenvolvimento de antígenos para antivenenos, na produção de nanopartículas de metais, como prata e selênio, e em atividades biológicas relevantes. A pesquisa, de natureza fundamental, caracterizou a composição química e o perfil da atividade biológica de espécies nativas do Paraná, incluindo plantas das famílias Orchidaceae, Melastomataceae e Myrtaceae, além de produtos biotecnológicos derivados de bananeira e antígenos obtidos do veneno da aranha-marrom (Pomini *et al.*, 2023; Polli *et al.*, 2024).

A avaliação dos estoques de biodiversidade para o desenvolvimento de instrumentos de conservação e manutenção dos recursos genéticos e serviços de ecossistemas está viabilizada pela interação com instituições como o Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora), a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (Sedest), o Instituto Água e Terra (IAT), o Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente (Gaema), prefeituras, viveiros da iniciativa privada e sociedade civil, proprietários rurais e estudantes.

A prospecção da biodiversidade vegetal em campos naturais, no primeiro planalto do Paraná, registrou 702 espécies nativas, incluindo espécies em risco de extinção (táxon CR) e uma nova espécie vegetal (Dall'Agnol; Blum, 2025). No segundo planalto, um estudo de ecologia funcional em gradiente campo × floresta evidenciou alterações funcionais decorrentes da expansão florestal sobre os campos, potencializadas pelas mudanças climáticas e pela falta do manejo de conservação dos ecossistemas campestres (Barboza; Carlucci; Jardim, 2024). Para a floresta estacional semidecidual paranaense, a prospecção e validação de registros de herbários já atingiram 27.300 exemplares, e até o momento 1.148 espécies



arbóreas tiveram a ocorrência confirmada. Parte dessas espécies será indicada como potencial para ações de restauração ecológica da floresta estacional semidecidual em um manual prático que está em elaboração, direcionado a técnicos de órgãos governamentais.

A pesquisa sobre a biodiversidade endêmica dos afloramentos basálticos, que compreende espécies de plantas, animais e microrganismos exclusivos desses ambientes e que estão sobre grande ameaça de extinção, indicou a ocorrência de 21 espécies vegetais endêmicas, das quais quatro podem já estar extintas (Ferraz *et al.*, 2025). O mapeamento e diagnóstico ambiental dessas áreas estão em curso. Coletas de microrganismos associados a plantas endêmicas de afloramento basáltico também foram realizadas e compreendem mais de 200 representantes com potencial biotecnológico ainda inexplorado.

Com relação às espécies vegetais ameaçadas no Paraná, estudos de distribuição, autoecologia e/ou diversidade genética foram conduzidos para oito táxons, assim como o mapeamento de populações (Plano de Ação Territorial Caminho das Tropas Paraná–São Paulo), avaliação do risco de extinção para *Butia pubispatha* (CNCFlora) e indicação de áreas prioritárias para a conservação (Ministério Público/Gaema). Em ação conjunta e liderada pela Sociedade Chauá com apoio do Viveiro Porto Amazonas, foi realizada a translocação de mais de 700 indivíduos de *B. pubispatha*, visando formar uma nova população protegida dessa espécie criticamente ameaçada.



---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A importância dos recursos genéticos para um desenvolvimento sustentável, capaz de garantir paz e prosperidade à humanidade, é explícita na Agenda 2030 da ONU com seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes objetivos dependem, essencialmente, da

preservação e restauração da biodiversidade, do avanço do conhecimento sobre ela e, por conseguinte, da conservação dos recursos genéticos. Algumas ações confluentes com os ODS e baseadas nos recursos genéticos compreendem os diversos tipos de bioinsumos voltados à produção de alimentos e bioenergia, saúde humana e animal, mitigação da poluição e degradação ambiental e ações de conservação que favoreçam a vida terrestre. Em conjunto com a biotecnologia, o potencial de contribuição dos recursos genéticos e da biodiversidade para o desenvolvimento de modelos fundamentados na bioeconomia, em consonância com os ODS da ONU, amplifica-se, uma vez que as matérias-primas essenciais para a inventividade e inovação biotecnológica são provenientes da natureza.



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

A prospecção da biodiversidade microbiana para o desenvolvimento de produtos e processos biotecnológicos aplicados à agricultura e ao meio ambiente resultou em uma coleção descentralizada de mais de 1.200 microrganismos depositados nos laboratórios das instituições participantes. A coleção compreende bactérias e fungos obtidos de diferentes ecossistemas do Paraná: floresta Atlântica, campos naturais, floresta com araucária e áreas de atividade agrícola. Em adição, a estrutura-chave das comunidades microbianas e dos táxons microbianos para a condução de funções ecossistêmicas e bioindicadores de qualidade de ecossistemas naturais e agrícolas também foi definida para as reservas florestais do Parque Nacional do Iguaçu (Foz do Iguaçu) e do Parque Estadual Mata dos Godoy (Londrina). Nesses trabalhos, vários microrganismos com potencial aplicação biotecnológica foram identificados, entre bactérias e fungos, bem como parâmetros determinantes da biodiversidade microbiana

nos solos das reservas florestais estudadas (Carneiro, 2022; Nascimento, 2022; Knüppel, 2023; Souza, 2025).

Por sua vez, a prospecção da biodiversidade vegetal e animal resultou na análise fitoquímica ampla de cinco espécies de plantas que são nativas do estado do Paraná ou de ampla ocorrência e de uma espécie de aranha. Foram identificados compostos químicos de importância para a saúde e para a produção vegetal. No primeiro grupo, incluem-se compostos anticâncer, antialérgicos, anti-inflamatórios, antimicrobianos e proteínas recombinantes para a produção de antivenenos. No segundo, encontram-se compostos alelopáticos e antimicrobianos. Entre os compostos identificados como mais promissores, estão os fenantrenos, estilbenos, triterpenos, flavonoides, esteroides e alcaloides pirrolizidínicos (Carvalho, 2023; Tanaka, 2024; Feitosa, 2025).

As ações do NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia compreendem igualmente o desenvolvimento de produtos e processos, como a aplicação da nanotecnologia e biotecnologia para a melhoria da produção de mudas para fins de implantação de florestas comerciais, paisagismo e restauração ecológica. Os resultados obtidos abrangem a síntese de nanopartículas por meio de rotas verdes, o uso de biomateriais e nanomateriais para o aumento da resistência de plantas aos estresses ambientais e para promoção do crescimento, a definição do manejo da inoculação de microrganismos para espécies arbóreas nativas e a caracterização da diversidade genética de espécies nativas em risco de extinção. Esses produtos estão publicados como patentes, artigos científicos, dissertações, teses e trabalhos de conclusão de curso de graduação nas instituições, nos programas de pós-graduação e nos programas de graduação componentes do NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia (Lima, 2023; Barella, 2024; Bini, 2024; Vieira, 2025).

Em adição aos esforços para caracterizar e aplicar os recursos genéticos em produtos e processos de base biotecnológica, foi realizada a avaliação dos estoques de biodiversidade em diferentes fisionomias vegetais do estado do Paraná, com o objetivo de subsidiar o desenvolvimento de instrumentos de conservação e de manutenção dos recursos genéticos e serviços de ecossistemas terrestres ameaçados. Assim, está em progresso a



avaliação do estoque florístico de remanescentes de campos naturais e de florestas estacionais do estado, e resultados parciais indicam elevada riqueza de espécies nativas.

Paralelamente a esse diagnóstico, foram elencadas oito espécies de plantas com elevado risco de extinção no estado, para as quais estão sendo realizadas pesquisas de autoecologia e ações diretas de conservação. Ainda, o levantamento da biodiversidade florística e microbiana de áreas de afloramento rochoso vem registrando considerável montante de espécies endêmicas. Esses resultados têm especial relevância por subsidiarem instituições governamentais e o Ministério Público na efetivação de ações de diagnóstico, restauração, manejo sustentável e conservação de táxons e ecossistemas, especialmente os ameaçados (Chagas, 2023; Signorati, 2024; Silva, 2025).



---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Todas as informações obtidas como resultado dos estudos do NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia são utilizadas em publicações para diferentes públicos e na organização de eventos de divulgação científica e cursos, como os de diagnóstico ambiental e restauração ecológica, voltados para órgãos públicos, escolas, universidades e setor produtivo. Esses resultados têm especial relevância para o setor governamental e o Ministério Público, de forma a subsidiar a efetivação de ações de diagnóstico, restauração, manejo sustentável e conservação da biodiversidade nativa e dos ecossistemas paranaenses, especialmente os ameaçados. Ademais, as ações conduzidas pelo NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia fortaleceram os grupos de pesquisa das instituições participantes, programas de pós-graduação e pesquisadores-docentes, como também a formação de recursos humanos em níveis

de graduação e pós-graduação, gerando publicações científicas, apresentações em eventos, reportagens publicadas em diferentes mídias, premiações e depósitos de patentes, evidenciando a excelência do trabalho.

Como perspectivas futuras, destacam-se o sinergismo construído pela rede de pesquisa integrada e colaborativa do NAPI Biodiversidade: Recursos Genéticos e Biotecnologia, o potencial de inovação e desenvolvimento de tecnologias da equipe multidisciplinar formada, a continuidade dos trabalhos sobre a biodiversidade paranaense, ainda pouco explorada e conhecida, e o trabalho de divulgação científica e educação ambiental. Nesse sentido, o apoio continuado da sociedade paranaense aos esforços de pesquisa e desenvolvimento das universidades, instituições de pesquisa, representantes da sociedade civil organizada e do setor produtivo é imprescindível para alcançar os ODS. Os recursos genéticos e a biotecnologia resultante de sua exploração racional e responsável, em conjunto com ações de conservação ambiental e redução do consumo, são, portanto, os fundamentos para o desenvolvimento sustentável conectado às necessidades locais.



---

## REFERÊNCIAS

BARBOZA, Adler Dvorak; CARLUCCI, Marcos Bergmann; JARDIM, Raissa Iana Leite. Woody encroachment viewed through trait integration in forest-grassland mosaics from southern Brazil. *In: IAVS ANNUAL SYMPOSIUM*, 66., 2024, Funchal. **Abstract Book** [...]. Funchal: IAVS, 2024.

BARELLA, Nara Alves Mendes. **Interação do tamanho da semente e a resistência à seca em mudas de espécies arbóreas**. 2024. Tese (Doutorado em Biologia Comparada) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2024.

BECKER, Regiane Kazmierczak *et al.* Assessing the impact of soil use and management systems on soil health in Southern Brazil. **Geoderma Regional**, Amsterdam, v. 40, p. e00932, mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025>.

e00932. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352009425000173?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

BINI, Pamela Estyse Campos. **História evolutiva de *Psidium guajava* L. no Brasil**. 2024. Dissertação (Mestrado em Biologia Evolutiva) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2024.

CARNEIRO, Mariane Campos. **Diversidade genética de representantes do bacterioma associado à duas espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica**. 2022. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

CARVALHO, Silas. **Estudo químico e anticâncer dos alcaloides de *Epidendrum cristatum* (Orchidaceae)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2023.

CHAGAS, Kyvia Pontes Teixeira das. **Autoecologia e diversidade genética de *Aloysia hatschbachii* Moldenke (Verbenaceae), uma espécie em perigo de extinção**. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

DALL'AGNOL, Rodrigo Trompczynski; BLUM, Christopher Thomas. Florística de quatro remanescentes de campos naturais do primeiro planalto paranaense: dados preliminares. *In: ENCONTRO DE BOTÂNICOS DA REGIÃO SUL*, 3., 2025, Guarapuava. **Anais [...]**. Guarapuava: Sociedade Botânica do Brasil, 2025.

FEITOSA, Amanda Janaina Gonsatti. **Potencial biotecnológico de *Myrcia glomerata* G. P. Burton & E. Lucas (Myrtaceae): perfil fitoquímico, atividades biológicas e aplicações na biossíntese verde de nanopartículas de óxido de cobre**. 2025. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2025.

FERRAZ, José Roberto *et al.* An annotated checklist of the endemic flowering plants of Paraná, southern Brazil. **Phytotaxa**, Auckland, v. 685, n. 1, p. 1 - 62, fev. 2025. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.685.1.1>. Disponível em: <https://phytotaxa.mapress.com/pt/article/view/phytotaxa.685.1.1>. Acesso em: 1 set. 2025.

FAO. **FAO strategy on climate change**. Roma: FAO, 2017. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b706b8a1-0723-41ca-ac-51-0d55e2c1ddb/content>. Acesso em: 21 jun. 2025.



GROFF, Danieli *et al.* Endophytic fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 96, p. e20230251, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420230251>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/rHZ6547HhgPLt7bNk4ftyLf/?lang=en>. Acesso em: 1 set. 2025.

KNÜPPEL, Karen. **Diversidade de fungos da floresta ombrófila mista**. 2023. Dissertação (Mestrado em Biologia Evolutiva) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2023.

LIMA, John David Oliveira de. **Associação combinada de bactérias promotoras de crescimento em plantas aumentam a tolerância ao déficit hídrico em espécies arbóreas neotropicais**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

MICOLINO, Ricardo *et al.* Land use to agriculture and planted forests strongly affect the genetic diversity of *Baccharis crispa* Spreng., a native herb of South America. **AoB Plants**, Oxford, v. 16, n. 5, p. plae050, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plae050>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aobpla/article/16/5/plae050/7756822>. Acesso em: 1 set. 2025.

NASCIMENTO, Erica. **Solubilização de fosfato por *Paraburkholderia spp.* isoladas de nódulos de espécies nativas dos Campos Gerais do Paraná**. 2022. Dissertação (Mestrado em Biologia Evolutiva) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.

NASCIMENTO, Erica *et al.* Phenotypic and genomic characterization of phosphate-solubilizing rhizobia isolated from native *Mimosa* and *Desmodium* in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 55, p. 3321-3334, ago. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-024-01472-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42770-024-01472-1>. Acesso em: 1 set. 2025.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **A territorial approach to the Sustainable Development Goals in Paraná, Brazil**. Paris: OECD Publishing, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1787/a24b52a5-en>. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/a-territorial-approach-to-the-sustainable-development-goals-in-parana-brazil\\_a24b52a5-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/a-territorial-approach-to-the-sustainable-development-goals-in-parana-brazil_a24b52a5-en.html). Acesso em: 1 set. 2025.



POLLI, Nyanne Louise Costacurta *et al.* Novel insights into the application of recombinant mutated phospholipases D as antigens for developing new strategies against Loxoscelism. **Acta Tropica**, Amsterdam, v. 258, p. 107354, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2024.107354>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001706X24002365>. Acesso em: 1 set. 2025.

POMINI, Armando Mateus *et al.* Bioactive natural products from orchids native to the Americas: A review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 95, e20211488, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320211488>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/4yp5VGvt6RwSvthmtjdYY6d/?lang=en>. Acesso em: 1 set. 2025.

SIGNORATI, Adrieli. **Convergência de trajetórias da sucessão secundária após dez anos sob diferentes técnicas de restauração ecológica**. 2024. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

SILVA, Antonia Tainara Sousa da. **Padrões de diversidade e distribuição de briófitas epífitas da Mata Atlântica**. 2025. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2025.

SOUZA, Luana de. **Bioprospecção e avaliação de rizobactérias com potencial de promoção de crescimento vegetal para a cultura do feijoeiro**. 2025. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2025.

TANAKA, Katharina. Efeito fitotóxico de *Serjania* mill sobre plantas daninhas e cultivadas. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 33., 2024, Maringá. **Anais** [...]. Maringá: EDUEM, 2024. p. 1-4. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2024/anais/artigos/7223.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

VIEIRA, Adriá Braun. **Análise fitoquímica e bioatividades do extrato e nanopartículas de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller)**. 2025. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2025.





---

# NAPI Biodiversidade:

## serviços ecossistêmicos

Claudia Costa Bonecker<sup>1</sup>

Ana Alice Aguiar Eleuterio<sup>2</sup>

Claudia Bueno dos Reis Martinez<sup>3</sup>

Dayani Bailly<sup>4</sup>

Isabela Galarda Varassin<sup>5</sup>

José Marcelo Domingues Torezan<sup>6</sup>

Marcos Robalinho Lima<sup>7</sup>

Silvia Helena Sofia<sup>8</sup>

Victor Pereira Zwiener<sup>9</sup>

Luiz Felipe Machado Velho<sup>10</sup>

---

1 UEM - Maringá; bonecker@nupelia.uem.br

2 UNILA - Foz do Iguaçu; ana.eleuterio@unila.edu.br

3 UEL - Londrina; cbueno@uel.br

4 UEM - Maringá; dayanibailly@nupelia.uem.br

5 UFPR - Curitiba; isagalarda@ufpr.br

6 UEL - Londrina; torezan@uel.br

7 UEL - Londrina; robalinho@uel.br

8 UEL - Londrina; shsofia@uel.br

9 UFPR - Curitiba; victor.zwiener@ufpr.br

10 UEM - Maringá; felipe@nupelia.uem.br

## Resumo

O NAPI Biodiversidade: Serviços Ecosistêmicos, elaborado com base no entendimento de que a biodiversidade é a principal provedora de bens e produtos para a sociedade – denominados como serviços ecosistêmicos, – procura evidenciar o valor ecológico, social e econômico da biodiversidade, continuamente ameaçada, o que justifica a necessidade urgente de sua preservação, conservação e restauração. As nove metas do projeto abrangem: a polinização para a meliponicultura; a pesca profissional e amadora; a disponibilidade de água de qualidade; a saúde dos ecossistemas aquáticos; a saúde pública associada à conservação de ambientes urbanos e periurbanos; a identificação de áreas prioritárias para conservação e restauração da biodiversidade; o desenvolvimento de inovações tecnológicas aplicadas à conservação da biodiversidade; a avaliação dos impactos ambientais e econômicos de espécies não nativas; e as atividades integradoras voltadas à divulgação científica e valorização da biodiversidade. Essas metas estão inseridas no contexto de vários dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), constantes da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), da qual o Paraná é signatário. Os estudos mostraram que a biodiversidade do Paraná está em declínio por causa de atividades antrópicas, como desmatamento, fragmentação de habitats, poluição da água e introdução de espécies não nativas. Esse declínio é responsável por impactos relevantes, tanto econômicos como sociais. Com base nesse conhecimento, a sociedade tem demonstrado interesse e participação cada vez maiores nas questões ambientais. Nesse sentido, o projeto destacou a importância do uso de tecnologias para divulgar informações sobre a biodiversidade e incentivar o engajamento público.

**Palavras-chave:** qualidade de vida; crescimento econômico; sociedade.

## Abstract

The NAPI Biodiversity: Ecosystem Services was developed based on the understanding that biodiversity is the primary provider of goods and resources for society, called ecosystem services. The initiative aims to highlight the ecological, social, and economic value of biodiversity, which is under constant threat, thereby underscoring the urgent need for its preservation, conservation, and restoration. The project's nine objectives include: the pollination for meliponiculture (stingless beekeeping); the professional and recreational fishing; the availability of high-quality water; the health of aquatic ecosystems; public health linked to the conservation of urban and peri-urban environments; the identification of priority areas for biodiversity conservation and restoration; the development of technological innovations for biodiversity conservation; the assessment of



the environmental and economic impacts of non-native species; and integrative activities focused on scientific dissemination and the promotion of biodiversity appreciation. These goals are aligned with several of the United Nations' Sustainable Development Goals set forth in the 2030 Agenda, to which the state of Paraná is a signatory. Studies showed that biodiversity in Paraná is in decline due to human activities such as deforestation, habitat fragmentation, water pollution, and the introduction of non-native species. This decline has led to significant economic and social impacts. In response to this growing awareness, society has shown increasing interest and engagement in environmental issues. In this context, the project emphasizes the importance of using technology to disseminate information about biodiversity and to encourage public engagement.

**Keywords:** quality of life; economic growth; society.



---

## 1 INTRODUÇÃO

100

Os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação Biodiversidade: Serviços Ecosistêmicos (NAPI SE) foram elaborados considerando que a biodiversidade é a principal provedora de bens e produtos para a sociedade, os quais são denominados serviços ecosistêmicos. No último século, a crescente demanda da sociedade por matéria-prima levou a uma forte degradação ambiental, comprometendo a biodiversidade e os serviços ecosistêmicos. Para minimizar esses impactos, é necessário adotar um modelo de desenvolvimento sustentável no qual haja equilíbrio entre uso e conservação.

Com esse objetivo, o Paraná tornou-se signatário da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, a qual instituiu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que direcionam ações prioritárias para o alcance de um modelo de desenvolvimento em que o processo produtivo esteja associado a igualdades e ao equilíbrio ambiental. Nesse sentido, o NAPI SE tem como meta disponibilizar produtos voltados para a melhoria da qualidade de vida da sociedade e o aumento da riqueza econômica, em consonância com o desenvolvimento sustentável e duradouro do estado do Paraná.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

Populações humanas invariavelmente dependem da biodiversidade para a promoção do seu bem-estar e manutenção de seus sistemas produtivos. Assim, considerando que a biodiversidade corresponde à variedade de formas de vida em todos os níveis organizacionais, como molecular, gênico, orgânico, populacional, de comunidades e de ecossistemas, ela inclui, portanto, os muitos princípios ativos para combater doenças e a diversidade genética de espécies selvagens e cultivadas até a variedade de espécies e funções envolvidas na execução dos serviços ecossistêmicos, os quais sustentam os sistemas produtivos e a vida na Terra.

Os serviços ecossistêmicos têm sido categorizados como serviços de provisão (alimento, água, combustíveis, fibras, produtos bioquímicos e medicinais, recursos genéticos), serviços de suporte (produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes, formação de solo), serviços de regulação (regulação do clima, regulação hídrica, polinização) e serviços culturais (valores estéticos, espirituais e religiosos, recreação e ecoturismo) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Esses serviços são impactados pela ação de estressores antrópicos, especialmente a fragmentação de habitats, poluição, invasões biológicas e mudanças climáticas. A ação combinada desses estressores tem provocado perdas aceleradas de biodiversidade e, por consequência, dos bens por ela providos, impactando grandemente a qualidade de vida da sociedade, bem como a segurança de sistemas econômicos e sociais.

Esse cenário é motivo de preocupações por caminhar no sentido oposto da sustentabilidade, sendo necessário que componentes sociais e econômicos operem de forma que os efeitos de atividades humanas permaneçam nos limites, de modo a não destruir sistemas ecológicos e ambientais provedores de serviços ecossistêmicos. Nesse sentido, o NAPI SE



tem como missão o desenvolvimento sustentável e o bem-estar da população paranaense, por meio da inovação e do uso de tecnologias capazes de envolver a sociedade e agregar valor econômico aos produtos e serviços da economia do estado. Além disso, o desenvolvimento sustentável é prioridade política no estado do Paraná (OECD, 2021).

### 3 DESENVOLVIMENTO

O NAPI SE foi iniciado em 2023 e congrega uma equipe multidisciplinar composta de mais de 80 membros, incluindo pesquisadores, docentes, estudantes de graduação e pós-graduação, vinculados a cinco instituições estaduais (Universidade Estadual de Maringá – UEM, Universidade Estadual de Londrina – UEL, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro e Universidade Estadual do Paraná – Unespar) e três instituições federais de ensino, pesquisa e extensão (Universidade Federal da Integração Latino-Americana – Unila, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR e Universidade Federal do Paraná – UFPR). O projeto conta com os saberes complementares de seus membros e visa à proposição de soluções voltadas à geração de conhecimento científico, inovação tecnológica e entrega de valor para a sociedade.

As nove metas do projeto abrangem: a polinização para a meliponicultura; o desenvolvimento da pesca e aquicultura; a disponibilidade de água de qualidade; a saúde dos ecossistemas aquáticos; a saúde pública associada à conservação de ambientes urbanos; a identificação de áreas prioritárias para conservação e restauração da biodiversidade; o desenvolvimento de inovações tecnológicas aplicadas à conservação da biodiversidade; a avaliação dos impactos ambientais e econômicos de espécies não nativas; e atividades integradoras voltadas à divulgação científica e valorização da biodiversidade.

A execução dessas metas também conta com a colaboração de pesquisadores vinculados a outros NAPIS, como o NAPI TaxaOnline e o NAPI Águas,



bem como de instituições nacionais, como a Unespar, o Instituto Água e Terra (IAT), o Criadouro Onça Pintada, o Instituto Monte Sinai, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), a Universidade Federal de Alfenas (Unifal), a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e o instituto de pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ). Igualmente, há a participação de colaboradores internacionais da Western Sydney University e Macquarie University (Austrália), da Universidad Nacional Autónoma de México (México) e do Instituto de Biología Subtropical (Argentina). Essas colaborações têm sido fundamentais para o avanço do conhecimento sobre a biodiversidade paranaense na promoção do desenvolvimento sustentável, da inovação tecnológica e da qualidade de vida, bem como para a formação de recursos humanos capacitados na solução de problemas ambientais. Os resultados incluem publicações científicas, formação de parcerias institucionais e geração de produtos aplicáveis, como patentes, softwares e ferramentas de apoio à gestão ambiental.

Para a realização das atividades de divulgação científica e de Ciência Cidadã, o projeto conta ainda com parcerias estratégicas com as prefeituras de Foz do Iguaçu, Londrina e Maringá, o Parque Nacional do Iguaçu, a Rede Brasileira de Ciência Cidadã, a Secretaria Estadual de Educação do Paraná, a Secretaria Municipal de Educação de Foz do Iguaçu e a Secretaria Municipal do Ambiente de Londrina. Essas articulações fortalecem o diálogo com a sociedade e ampliam o impacto das ações do NAPI SE na construção de uma cultura voltada à conservação da biodiversidade.

---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Entre os ODS, o NAPI SE adotou formalmente o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), cuja meta inclui a duplicação da produtividade



agrícola e da renda de pequenos produtores rurais, visto que a polinização contribui potencialmente para essas atividades; o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), uma vez que diversas espécies nativas apresentam compostos bioativos com potencial farmacológico relevante, contribuindo para o desenvolvimento de medicamentos e terapias, e estudos indicaram que o contato com ambientes naturais e a biodiversidade local exerce efeitos positivos sobre o bem-estar físico e mental da população; o ODS 4 (Educação de Qualidade), promovendo atividades de educação ambiental e Ciência Cidadã e o fortalecimento da educação para a sustentabilidade e estilos de vida mais responsáveis; o ODS 6 (Água Limpa e Saneamento), considerando que ambientes de zonas úmidas exercem papel essencial na regulação hídrica, mitigação de inundações, disponibilidade de nutrientes e purificação da água; o ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), pensando nos impactos positivos da biodiversidade sobre atividades como pesca artesanal, agricultura familiar e ecoturismo, setor em expansão que gera empregos e renda ao mesmo tempo que valoriza os recursos naturais locais, o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), visto que a biodiversidade fornece insumos essenciais para diversas cadeias produtivas, incluindo os setores alimentício, têxtil, de papel e celulose, farmacêutico, químico e de cosméticos, entre outros; o ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima), por meio do papel das florestas, planícies de inundação e outros ecossistemas naturais na captura e estocagem de carbono, configurando-se como aliados essenciais nas estratégias de mitigação das mudanças climáticas globais; e, por fim, o ODS 15 (Vida Terrestre), que trata da conservação dos ecossistemas terrestres e da biodiversidade.

Ressalta-se, contudo, que a biodiversidade é um elemento transversal e estruturante, cuja conservação afeta diretamente ou indiretamente o alcance de diversos outros ODS, reforçando a interdependência entre saúde ambiental, bem-estar humano e sustentabilidade socioeconômica.



---

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

Pesquisas sobre a contribuição da polinização para as atividades econômicas no estado investigaram a criação de abelhas-rainhas e a produção de mel, cera, pólen e própolis em 362 municípios. Em cinco deles (Congonhinhas, Assaí, Santa Mariana, Londrina e Ribeirão do Pinhal), observou-se que as abelhas *Apis mellifera* africanizadas, espécie não nativa, foram os principais visitantes florais durante o período de floração de *Coffea arabica*, em contraste com a baixa ocorrência de abelhas nativas sem ferrão. Esses dados podem estar relacionados ao intenso processo de desmatamento histórico no Paraná, que resultou em uma cobertura de vegetação nativa remanescente de apenas 4% na região Norte, e ao aumento da capacidade de invasibilidade da espécie não nativa.

Desse modo, ao se considerar ainda a perda de cobertura florestal no estado, estudos demonstraram que modelos que incorporam áreas de preservação permanente e reservas legais proporcionaram um crescimento significativo no fluxo de polinizadores em cultivos dependentes da polinização, o que resultou no aumento de aproximadamente 550 toneladas na produção de alimentos, incluindo hortaliças como tomate e abobrinha, além de *commodities* agrícolas como soja e café. Esses resultados evidenciam a necessidade do cumprimento da legislação ambiental vigente no Brasil, em especial da Lei de Proteção à Vegetação Nativa (Lei n.º 12.651/2012), como uma estratégia eficaz para conciliar a conservação da biodiversidade com o aumento da produtividade agrícola.

Outro aspecto importante da vegetação é a presença da mata ripária nas margens dos ecossistemas aquáticos, vegetação essencial para a conservação da biodiversidade e a manutenção da qualidade da água. Estudos apontaram que fragmentos de vegetação ripária com largura superior a 30 metros promoveram melhorias significativas na saúde dos corpos de água, principalmente ao favorecerem a retenção de nutrientes como



fósforo e nitrogênio no ambiente terrestre. Esses nutrientes, quando presentes em excesso no ambiente aquático, comprometem o desenvolvimento da biota e a qualidade de água. Outras pesquisas evidenciaram que áreas de vegetação ripária com largura superior a 100 metros se mostraram fundamentais para a manutenção da diversidade de macroinvertebrados, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, uma vez que atuam na redução do aporte de sedimentos e contaminantes de ambientes aquáticos. Assim, fica evidente que a vegetação ripária desempenha papel crucial na proteção dos ecossistemas aquáticos, contribuindo para a integridade ecológica, a conservação da biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos, como a regulação da qualidade da água.

Em relação à qualidade da água do rio Paraná, próximo ao município de Porto Rico, estudos têm apontado preocupações crescentes com o desenvolvimento de florações de cianobactérias na região. Altas densidades dessas algas comprometem alguns serviços ecossistêmicos essenciais, como abastecimento de água potável, pesca, irrigação e atividades recreativas, pois elas produzem toxinas com efeitos hepáticos, neurológicos e dermatológicos e causam problemas renais e dores abdominais. Há relatos locais de sintomas como coceira intensa após o banho de rio e alteração no sabor da água, tornando-a não palatável. Portanto, o monitoramento da qualidade da água na região tem se intensificado nos últimos anos (Rosa *et al.*, 2024).

O levantamento e a sistematização de dados acerca da biodiversidade das algas também possibilitaram a construção de um banco de dados georreferenciado e a elaboração de mapas temáticos úteis para a identificação de áreas prioritárias para conservação, além de contribuir para a constatação de lacunas de conhecimento sobre a biodiversidade aquática essenciais para a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Em geral, estudos sobre biodiversidade aquática se concentraram na sua grande maioria na bacia hidrográfica Paraná 1. Ao se considerarem especificamente os riachos, observou-se um número maior de estudos na bacia do rio Pirapó.

Na região de Londrina, o monitoramento da qualidade ambiental de riachos expostos a diferentes pressões antrópicas revelou alterações em biomarcadores de peixes e bivalves, possivelmente relacionadas à



presença de metais pesados e agrotóxicos na água e no sedimento. Foi detectada, igualmente, a presença de microplásticos nos estômagos de peixes, o que indica a degradação da qualidade ambiental desses ecossistemas. Esses resultados evidenciaram o comprometimento da saúde dos riachos e da biota aquática, com riscos potenciais às espécies nativas e às atividades econômicas e recreativas.

Dados da pesca profissional no rio Paraná, nos últimos anos, mostraram a redução significativa da captura de espécies de elevado valor econômico, como o dourado (*Salminus brasiliensis*) e o pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*). Na pesca amadora, essas espécies têm sido capturadas esporadicamente. Isso se deve à ausência de cheias, determinada pelo controle da vazão pela operação de reservatórios para geração de energia, e a eventos climáticos como o La Niña, que comprometem os processos reprodutivos e o desenvolvimento da ictiofauna. A redução do sedimento em suspensão no rio, nessa fase também é um indicativo adicional da retenção hídrica pelos reservatórios e da escassez de chuvas. De modo geral, constatou-se, ainda, a redução da ocorrência de espécies e da abundância da ictiofauna na região, o que impacta diretamente a economia local, afetando a subsistência de pescadores profissionais, a cadeia produtiva de restaurantes e o setor de turismo regional.

No ambiente terrestre, a fauna nativa de mamíferos de médio e grande porte que habita os remanescentes florestais no município de Londrina vem sendo impactada pela fragmentação dos habitats e pela expansão urbana, especialmente as espécies que dependem de grandes extensões de área para sua sobrevivência. Estudos recentes demonstraram que, apesar dessas pressões, os fragmentos florestais ainda funcionam como áreas de permanência ou corredores de passagem para diversas espécies, incluindo espécies-chave para o equilíbrio ecológico. A presença da vegetação ripária e de pequenos fragmentos conectados em forma de corredores ecológicos tem contribuído para a manutenção da fauna mesmo em paisagens fortemente antropizadas (Lovato, 2024).

Com base na lista das espécies de mamíferos ameaçados do estado do Paraná (Paraná, 2010), foram identificadas quatro espécies de mamíferos, classificadas como vulneráveis (o cateto – *Pecari tajacu*) e uma espécie em



perigo (paca – *Cuniculus paca*). Salienta-se ainda que todos os felinos silvestres registrados foram classificados como vulneráveis (Lovato, 2024). Essas espécies ameaçadas atuam ecologicamente na ciclagem de nutrientes e na estruturação da biota terrestre, e seu registro reforça a urgência de ações efetivas de manejo e conservação dos remanescentes, visando à mitigação dos impactos antrópicos e à preservação da biodiversidade.

Entre as tecnologias desenvolvidas, destacou-se a criação do pacote rFishStatus v1.0 e da plataforma Paraná FishStatus. Ambos objetivam facilitar o acesso de órgãos públicos, gestores ambientais, instituições de ensino e pesquisa às informações atualizadas sobre a biodiversidade de peixes de água doce. O pacote rFishStatus oferece um fluxo de trabalho intuitivo e eficiente, que permite aos usuários estruturar dados provenientes de tabelas de referência e gerar listas organizadas e atualizadas de espécies de forma automatizada. Além disso, a ferramenta propõe soluções para inconsistências nomenclaturais e incertezas no reconhecimento científico das espécies.

Outra inovação tecnológica relevante foi o desenvolvimento do sistema monitoraSom11, aliado à aplicação de modelos matemáticos para aumentar a eficiência na extração de dados de biodiversidade, através de registros de áudio e vídeo. Por meio dessa abordagem, foi possível detectar e automatizar vocalizações de aves em gravações de paisagens acústicas, abrangendo 161 espécies da Mata Atlântica e totalizando 15.867 registros sonoros. Para mamíferos, foram analisados 14.960 vídeos de armadilhas fotográficas, com automatização da triagem e separação de vídeos importantes para fins de identificação das espécies. A robustez dos dados gerados por essas metodologias assegura elevada qualidade no monitoramento acústico e visual da fauna, possibilitando análises comparativas em ampla escala espacial e temporal. Além disso, a tecnologia permite o monitoramento contínuo de ecossistemas, transformando grandes volumes de dados em informações aplicáveis à pesquisa e à conservação da biodiversidade.

Mediante o monitoramento de espécies não nativas, foram compilados até o momento 82.581 registros de ocorrência dessas espécies no



11 Disponível em: <https://github.com/ConservaSom/monitoraSom>. Acesso em: 25 jul. 2025.

Paraná, destes, 84% se referem a espécies de ecossistemas terrestres, 15,8% a espécies de ecossistemas aquáticos continentais e 0,27% a espécies de ecossistemas marinhos. Os grupos taxonômicos registrados foram plantas, vertebrados e invertebrados terrestres. Foi possível identificar, ainda, os dez municípios com maior número de registros de espécies não nativas: Foz do Iguaçu, Curitiba, Londrina, Maringá, Paranaguá, Ponta Grossa, Porto Rico, Morretes, Guaratuba e Campo Mourão. Grande parte desses registros (72%) oriunda de iniciativas de Ciência Cidadã, evidenciando o papel crucial da participação social no monitoramento ambiental. Nesse sentido, fica clara a necessidade de desenvolver ferramentas de capacitação e integração de diversos setores sociais, como organizações não governamentais e comunidades locais – a exemplo dos pescadores – para a detecção, o monitoramento e o controle de espécies não nativas no território paranaense.

A compilação de dados de seis bases, incluindo revisão sistemática da literatura indexada, Base Nacional de Espécies Exóticas Invasoras, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), SpeciesLink, Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e Associação de Portos do Paraná, revelou que aproximadamente 70% da extensão territorial do estado apresenta registros de ocorrência de espécies não nativas. Apesar dessa expressiva abrangência, observou-se um desbalanço espacial significativo na distribuição dos registros. Para suprir essa lacuna, empregaram-se modelos de nicho ecológico, os quais permitiram prever áreas com maior probabilidade de ocorrência dessas espécies, mesmo na ausência de registros observacionais. Assim, foram encontrados padrões espaciais de distribuição de vertebrados e plantas terrestres, com maior distribuição das espécies na Região Metropolitana de Curitiba e no litoral. Isso implica pressões biológicas sobre as espécies nativas e compromete os serviços ecossistêmicos, afetando diretamente a qualidade de vida e a economia da sociedade paranaense.

Em contrapartida, foi realizado um levantamento de ocorrências de espécies nativas que registrou 8.167 espécies de plantas, 777 de aves, 189 de mamíferos, 147 de répteis, 143 de anfíbios e 546 de peixes. Esse levantamento pretendeu identificar áreas prioritárias para a conservação e restauração da biodiversidade no Paraná. De modo geral, observou-se maior riqueza de



espécies nas regiões litorâneas e na área do Alto Iguaçu, zona de transição entre as formações de floresta ombrófila mista e floresta ombrófila densa. Uma exceção foi observada para os peixes de água doce, cuja maior diversidade ocorre em áreas litorâneas e na floresta estacional semidecidual, com destaque para as bacias hidrográficas do Paraná, Piquiri e Alto Tibagi.

Com base nesses registros, foram gerados mapas de distribuição potencial para cada grupo de espécies, tanto para o cenário atual quanto para projeções climáticas futuras até o ano de 2100. As projeções futuras indicam impactos significativos, com variação conforme o grupo biológico e a região. Em um cenário climático menos pessimista, com aumento médio de 2,9 °C na temperatura do estado, estima-se que anfíbios, répteis e plantas presentes em regiões de savana e floresta estacional poderão sofrer redução de até 45% no número de espécies. Em um cenário mais pessimista, com aumento de 3,5 °C, as perdas podem alcançar até 57%. Esses dados estão sendo integrados a informações socioambientais com o intuito de orientar políticas públicas e estratégias de planejamento territorial, visando à definição de áreas prioritárias para ações de conservação e restauração ecológica no território paranaense.

Como estratégia de conscientização social e valorização da biodiversidade de mamíferos no município de Londrina, foi desenvolvido um estudo com foco na produção de conteúdos educativos para redes sociais, objetivando a divulgação científica e a desmistificação de informações incorretas sobre zoonoses. Os resultados evidenciaram a relevância da educação ambiental como ferramenta para combater preconceitos e promover a convivência harmoniosa com a fauna silvestre urbana. Além disso, destacaram a importância de fortalecer a compreensão pública sobre os serviços ecossistêmicos prestados por mamíferos nativos e sua relação direta com o bem-estar humano (Araújo, 2023).

Com esse mesmo enfoque, foram elaborados três protocolos de prospecção de dados com base em Ciência Cidadã: “Olha o Bicho!: mapeamento participativo da fauna atropelada”, “Fauna Vizinha: avaliação das interações humano-fauna e percepção comunitária” e “Invasoras à Vista: protocolo para registro de plantas não nativas em áreas urbanas”. Cada protocolo forneceu roteiros metodológicos específicos para a amostragem



participativa de dados, adequando-se às respectivas temáticas. Os dois primeiros foram concebidos, testados e validados em parceria com o Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola, vinculado ao NAPI Paraná Faz Ciência. Eles incluem materiais de apoio ao docente e estão alinhados às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), facilitando sua aplicação no contexto escolar.

Além disso, foram ofertados cursos de capacitação para formação de públicos diversos. O curso Práticas de Ciência Cidadã para o Monitoramento da Dengue, em três edições, capacitou docentes, estudantes de licenciatura, profissionais da saúde e agentes de endemias. O 1º Workshop de Monitoramento Participativo de Ambientes Aquáticos Urbanos capacitou gestores, profissionais e demais partes interessadas na realização de monitoramentos participativos voltados à qualidade da água e à conservação dos ecossistemas aquáticos urbanos. Participaram dessas atividades representantes de diversos segmentos sociais, incluindo do Brasil, Argentina, Colômbia, Moçambique e Paraguai, entre estudantes de graduação, gestores públicos e privados, docentes de ensino médio e superior, pesquisadores e membros de comunidades quilombolas.

Para divulgar as ações e os resultados do projeto, foram criados um portal informativo<sup>12</sup> e perfis em redes sociais. A conta oficial no Instagram (@napibiodiversidade) contabiliza, até o momento, cerca de 600 seguidores, com alcance de 12 mil pessoas, 2.500 interações com conteúdo e média mensal de 2 mil visualizações. O site oficial do projeto registra 1.500 visitantes e 46 matérias publicadas, sendo os municípios com maior engajamento: Curitiba, Maringá, Londrina, Ponta Grossa, São Paulo e Foz do Iguaçu, nessa ordem.



---

<sup>12</sup> Disponível em: <https://napibiodiversidade.eco.br>. Acesso em: 25 jul. 2025.

---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Os resultados apontaram para uma perda considerável da biodiversidade paranaense, principalmente em virtude do deflorestamento, da fragmentação de habitats, da perda da qualidade da água, da ocorrência e expansão de distribuição das espécies não nativas e de outras atividades antrópicas. Em contrapartida, apresentaram evidências da necessidade da elaboração de medidas associadas a políticas públicas para sua conservação e preservação. A perda da biodiversidade tem levado a prejuízos econômicos e sociais em todo o estado, considerando que ainda não conhecemos a biodiversidade de diferentes regiões do Paraná. São mais do que urgentes o avanço dos estudos da biodiversidade no estado, a criação de áreas prioritárias de conservação e políticas públicas direcionadas para o desenvolvimento sustentável, antes que mais informações do patrimônio biológico natural sejam perdidas.

A sociedade está cada vez mais participativa e preocupada com os problemas ambientais, e sua curiosidade e seu desejo por um futuro melhor são evidentes no diálogo promovido pelas atividades de divulgação científica. Nesse sentido, o desenvolvimento de tecnologias que facilitam esse diálogo representou uma contribuição relevante do projeto, ao disponibilizar informações para diversos setores da sociedade sobre o papel singular da biodiversidade no bem-estar e na qualidade de vida das populações humanas.



---

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Gabriela Berg. **Que bicho mora aqui?** Ações nas redes sociais, escolas e parques municipais de Londrina sobre a fauna de mamíferos em fragmentos florestais urbanos. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2023.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, n.º 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e n.º 11.428, de 22 de dezembro de 2006; [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 23 jun. 2025.

LOVATO, David Lins Fernandes Leiroza. **Diversidade de mamíferos de médio e grande porte em fragmentos florestais urbanos e periurbanos de Mata Atlântica.** 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis.** Washington, D.C.: Island Press, 2005.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **OECD Regulatory Policy Outlook 2021.** Paris: OECD Publishing, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1787/38b0fdb1-en>. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/oecd-regulatory-policy-outlook-2021\\_38b0fdb1-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/oecd-regulatory-policy-outlook-2021_38b0fdb1-en.html). Acesso em: 1 set. 2025.

PARANÁ. Decreto n.º 7.624/2010. Lista das espécies de mamíferos ameaçados do estado do Paraná. Paraná, 2010. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, n. 8383, p. 5, 23 dez. 2010.

ROSA, Jonathan *et al.* A synthesis of knowledge about water quality in the Upper Paraná river Floodplain. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 28, p. 236-249, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2024.2804.01>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/63166>. Acesso em: 1 set. 2025.





---

# NAPI Centro de Inteligência Artificial no Agro

Marcelo Giovanetti Canteri<sup>1</sup>

Daniel dos Santos Kaster<sup>2</sup>

Bruno Bogaz Zarpelão<sup>3</sup>

Fabricio Martins Lopes<sup>4</sup>

Natássya Barlate Floro da Silva<sup>5</sup>

Sérgio José Alves<sup>6</sup>

Rodrigo Yoiti Tsukahara<sup>7</sup>

Maurício Conrado Meyer<sup>8</sup>

Sylvio Barbon Junior<sup>9</sup>

Fernanda Neves Paduan<sup>10</sup>

---

114

---

1 UEL - Londrina; canteri@uel.br

2 UEL - Londrina; dskaster@uel.br

3 UEL - Londrina; brunozarpelao@uel.br

4 UFTPR - Cornélio Procópio; fabricio@utfpr.edu.br

5 UFTPR - Cornélio Procópio; natassysilva@utfpr.edu.br

6 IDR-PR - Londrina; sjoseaidr@gmail.com

7 Fundação ABC - Castro; rodrigo@fundacaoabc.org

8 Embrapa Soja - Londrina; mauricio.meyer@embrapa.br

9 Università degli Studi di Trieste - Trieste, Itália; sylvio.barbonjunior@units.it

10 CIA-Agro - Londrina; f.nevespaduan@gmail.com

## Resumo

O Centro de Inteligência Artificial no Agro (CIA-Agro) integra a iniciativa dos Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs), coordenada pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná. Um dos principais objetivos do CIA-Agro é impulsionar a transformação digital do setor agropecuário paranaense por meio do uso da inteligência artificial. Nesse contexto, o NAPI é composto de pesquisadores das áreas de ciência da computação e agronomia vinculados a instituições como a Universidade Estadual de Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná e Fundação ABC. Assim, valorizando um ecossistema colaborativo de pesquisa e inovação, a estrutura organizacional do CIA-Agro baseia-se no modelo da *quádrupla hélice*, no qual a interação entre empresas, universidades, governo e sociedade viabiliza o desenvolvimento de soluções baseadas em inteligência artificial para fortalecer a agricultura digital. Os resultados do NAPI decorrem da execução de múltiplos projetos com diferentes parceiros, contemplando ações de suporte ao monitoramento e previsão da ferrugem asiática da soja, como a automatização da leitura de lâminas em microscópio para identificar e quantificar esporos do fungo causador da doença, a organização de dados agrometeorológicos de diversas fontes, o desenvolvimento de modelos preditivos, a análise da qualidade do solo com técnicas de ciência de dados, a coleta automatizada de informações para uma agricultura de precisão, entre outras iniciativas. Os resultados incluem também o compartilhamento de conhecimento por meio da publicação de artigos, workshops e eventos, além da contribuição para a formação de profissionais capacitados a dar continuidade à difusão das inovações no agro, impulsionadas pela transformação digital.

**Palavras-chave:** agricultura digital; inteligência artificial; sanidade vegetal; ecossistema de pesquisa e inovação.

## Abstract

The Center for Artificial Intelligence in Agriculture (CIA-Agro) is part of the New Research and Innovation Arrangements (NAPIs) initiative, coordinated by Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná. One of the primary objectives of CIA-Agro is to drive the digital transformation of the agricultural sector in Paraná through the application of artificial intelligence. In this context, the NAPI brings together researchers from the fields of computer science and agronomy, affiliated with institutions such as Universidade



Estadual de Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Embrapa, the Paraná Institute of Rural Development, and Fundação ABC. Emphasizing a collaborative research and innovation ecosystem, the organizational structure of CIA-Agro is based on the quadruple helix model, in which the interaction between companies, universities, government, and society enables the development of artificial intelligence-based solutions to strengthen digital agriculture. The results of the NAPI stem from the implementation of multiple projects with different partners, including actions to support the monitoring and forecasting of Asian soybean rust, such as automating the reading of microscope slides to identify and quantify spores of the fungus causing the disease, organizing agrometeorological data from various sources, developing predictive models, analyzing soil quality using data science techniques, collecting and analyzing data automatically to support precision agriculture, among other initiatives. The outcomes also include knowledge dissemination through the publication of articles, workshops, and events, as well as contributions to the training of professionals prepared to continue spreading innovation opportunities in agriculture driven by digital transformation.

**Keywords:** digital agriculture; artificial intelligence; plant health; research and innovation ecosystem.



## 1 INTRODUÇÃO

Um dos pilares da economia paranaense, a agropecuária do estado apresenta uma base produtiva caracterizada pela diversidade de sistemas e pela crescente especialização das atividades (Laurenti; Soares Júnior; Costa, 2023). Nesse contexto, a modernização agrícola e a transformação digital oferecem oportunidades de desenvolvimento ao agronegócio. O Centro de Inteligência Artificial no Agro (CIA-Agro), instituído como um Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação (NAPI) pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná e pelo governo do Paraná, tem como propósito fomentar a adoção de tecnologias baseadas em inteligência artificial (IA) no setor agropecuário.

A estrutura organizacional reúne cinco instituições científicas e tecnológicas: Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) de Cornélio Procópio, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Soja, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR) e Fundação ABC. As demandas por soluções são apresentadas por parceiros produtivos e analisadas pelo Conselho Científico e pesquisadores, que avaliam a aplicabilidade da IA. A atuação baseia-se no modelo da *quádrupla hélice*, integrando universidades, centros de pesquisa, empresas, *startups* e cooperativas em uma rede colaborativa.

O CIA-Agro gerencia projetos estruturados em um projeto principal e cinco subprojetos complementares, desenvolvidos por pesquisadores e parceiros privados. Também participa da Agência para o Desenvolvimento Regional Sustentável e Inovação do Paraná<sup>11</sup> (Ageuni) e de iniciativas internacionais, como a cooperação entre Brasil e Japão. A contribuição expressa-se em produção científica e tecnológica, incluindo workshops, publicações, software e produtos inovadores. Entre os destaques, ressalta-se o microscópio automatizado para leitura de lâminas histológicas no monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi*, fungo causador da ferrugem asiática da soja, que transformou um processo manual em uma rotina automatizada baseada em IA (Guelfi *et al.*, 2024).

O apoio inicial à criação do NAPI permitiu ao CIA-Agro ampliar sua atuação, liderando projetos como o Módulo Paraná, inserido na cooperação internacional em agricultura digital com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o governo japonês, por intermédio da Agência de Cooperação Internacional do Japão (Jica). Destaca-se ainda a importância estratégica das parcerias com cooperativas e empresas, bem como a divulgação dos resultados, fortalecendo a transformação digital do agro.



<sup>11</sup> Iniciativa criada pelo governo do Paraná com os objetivos de articular e apoiar a integração de universidades, empresas, governo e sociedade, impulsionando o desenvolvimento regional.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

A agricultura evoluiu historicamente da mecanização à biotecnologia e hoje está na agricultura 4.0, caracterizada pelo uso intensivo de sensores e análises para otimização de recursos (Villafuerte *et al.*, 2018; Megeto *et al.*, 2020). Num primeiro momento, aplicada a operações independentes, essa evolução avança para operações interdependentes, como o controle fitossanitário, viabilizadas pela coleta massiva de dados e pela IA, ramo da Ciência da Computação que simula capacidades humanas de percepção e decisão, alimentando sistemas com dados para aprendizado e ajustes (Mondal, 2020). Sua aplicação eleva a produtividade, a sustentabilidade e a competitividade em toda a cadeia produtiva, do manejo ao mercado.

Nesse contexto, destaca-se a iniciativa dos NAPIs, promovida pelo governo do Paraná e pela Fundação Araucária, com foco em fortalecer a inovação científica e tecnológica por meio da transformação digital e integração institucional. O NAPI CIA-Agro alinha-se a essa estratégia, gerando impacto no desenvolvimento regional. Fundamentado no modelo da *quádrupla hélice*, o CIA-Agro forma um ecossistema colaborativo que integra universidades, empresas, governo e sociedade civil (Carayannis; Campbell, 2009). Seus projetos são definidos conforme os desafios e as demandas apresentados por empresas, cooperativas e *startups*, visando preparar o Paraná para a transformação digital no agronegócio, setor estratégico da economia estadual.

Como agente transformador, o CIA-Agro fomenta conhecimento e soluções com complexidade incremental, orientadas por meio de técnicas de descoberta de conhecimento, mineração de dados e aprendizado de máquina, com atenção à segurança e à privacidade. Suas atividades contemplam estudos em fitossanidade e produção sustentável de alimentos. O centro atua em linhas como visão computacional, aprendizado de máquina, reconhecimento de padrões, integração e preparação de dados, internet das coisas e cibersegurança. As soluções desenvolvidas são referências aplicáveis a



problemas semelhantes, ampliando a eficiência pela utilização de experiências anteriores.

---

## 3 DESENVOLVIMENTO

A formação do CIA-Agro conta com pesquisadores principais e associados, bolsistas e colaboradores, com atuação nas áreas de computação e agronomia. O centro envolve cinco instituições de ciência e tecnologia – UEL, UTFPR de Coronel Procópio, IDR-PR, Embrapa Soja e Fundação ABC –, com atuação nas regiões norte central, centro-sul e centro oriental do Paraná.

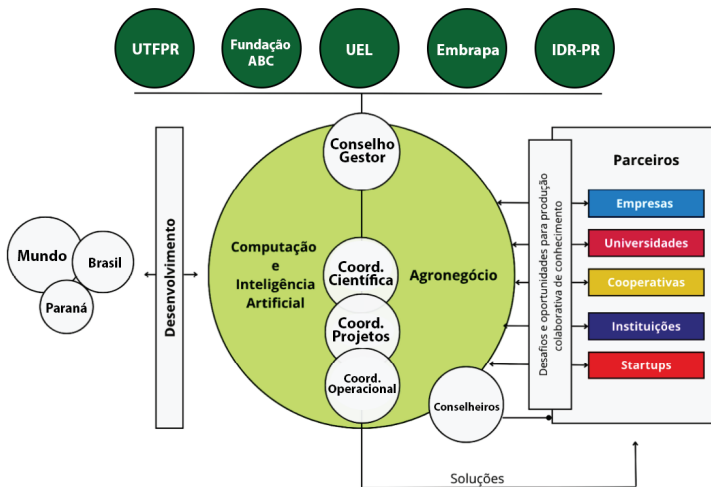


---

### 3.1 CONCEPÇÃO E ORGANIZAÇÃO

A Figura 1 ilustra a estrutura do NAPI CIA-Agro e a interação entre os atores da *quádrupla hélice* no uso de IA aplicada ao agronegócio. Parte da equipe é responsável pelo desenvolvimento de soluções computacionais, enquanto outra parte identifica demandas e aporta conhecimento agrícola. As coordenações de projeto, científica e operacional supervisionam e apoiam o desenvolvimento das atividades.

Figura 1 – Visão geral do Centro de Inteligência Artificial no Agro



Fonte: Autoria própria.

Legenda: UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná; UEL – Universidade Estadual de Londrina; Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; IDR-PR – Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná).



O apoio de órgãos governamentais, como a Fundação Araucária e a Secretaria da Inovação e Inteligência Artificial do Paraná (Seia), bem como a interação com instituições de suporte, como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) Londrina e o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) Londrina, e além de governanças locais, como o Agro Valley Londrina, é fundamental para dar abrangência às ações do NAPI.

Do projeto inicial, denominado Sistemas preditivos para doenças em plantas, foram estruturados cinco subprojetos: Automatização da rede de monitoramento da ferrugem da soja; Aquisição de imagens com veículos aéreos não tripulados; Inteligência artificial aplicada à consistência de dados de sensores; Plataforma de dados agrometeorológicos e modelos de favorabilidade; e Segurança e privacidade em sistemas de inteligência artificial. Entre os resultados, destaca-se o desenvolvimento de um microscópio automatizado para identificar esporos de *P. pachyrhizi*, derivado da

parceria entre a UTFPR Coronel Procópio e o IDR-PR no subprojeto de monitoramento da ferrugem.

Desde a fase de concepção do projeto, o CIA-Agro busca conexões com empresas e parceiros externos, visando à captação de conhecimento e disseminação de resultados. Cooperam com o NAPI as seguintes entidades: cooperativas, como a Agrária, a Integrada, a C. Vale e a Lar; universidades, como a Università degli Studi di Trieste (Itália), a UTFPR Medianeira, a UTFPR Dois Vizinhos e a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR); além de empresas, como a Jacto, a ADAMA, a Laborsolo do Brasil, a Fitovision e a Espectro LTDA. O *hub* de inovação Cocriagro também participa da articulação de demandas produtivas.

As soluções demandadas pelos parceiros configuram o ecossistema de inovação, integrando empresas, universidades, cooperativas, instituições e startups que não só auxiliam na identificação dos desafios, mas também se beneficiam das soluções. As demandas encaminhadas pelo Conselho Consultivo resultam em reuniões com a equipe do CIA-Agro, que viabiliza o entendimento dos desafios e o delineamento de estratégias. Entre os potenciais parceiros prospectados, podem-se citar Amazonia Tech Partners, voltada à tecnologia para conservação ambiental, e Grupo J2M, atuante em inovação no agronegócio.

---

### 3.2 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As iniciativas do NAPI CIA-Agro contribuem para atingir ao menos sete dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU). O modelo de *quádrupla hélice*, que articula empresas, universidades, governo e sociedade, fortalece a cooperação alinhada ao ODS 17 — Parcerias e Meios de Implementação. Esse compromisso se evidencia pelas parcerias com empresas privadas, como a Laborsolo do Brasil, a Fitovision e a Espectro LTDA, com o



governo, por meio da Seia e da Jica, além de instituições públicas de pesquisa, como a Embrapa e o IDR-PR, e cooperativas, como a Integrada, a C. Vale e a Lar.

Essas colaborações viabilizam avanços em fitossanidade, como a automatização do monitoramento da ferrugem asiática da soja, mapas de favorabilidade para o enfezamento do milho e sistemas preditivos de doenças, promovendo critérios para uso de pesticidas e produção sustentável, alinhados aos ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável e ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis. Os projetos também analisam dados climáticos e meteorológicos e investigam impactos nos padrões de ocorrência de doenças e vetores, contribuindo para o ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima. Igualmente, alinham-se ao ODS 15 – Vida Terrestre, promovendo a conservação da biodiversidade e qualidade do solo com o índice de qualidade do solo, desenvolvido em parceria com a Laborsolo, que orienta boas práticas de manejo. O apoio ao desenvolvimento tecnológico e inovação, conforme o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, manifesta-se na plataforma de dados agrometeorológicos e no microscópio automatizado para identificação de esporos de *P. pachyrhizi*. Destacam-se ainda iniciativas como o uso de veículos aéreos não tripulados pela Fitovision na coleta de imagens e aplicação de técnicas de IA.

Por fim, a produção intelectual e a disseminação de conhecimento do CIA-Agro contribuem para o ODS 4 – Educação de Qualidade. Ações como workshops, dias de campo, disponibilização de dados em plataformas públicas e bolsas de iniciação científica promovem oportunidades de formação e capacitação de profissionais na área de computação aplicada à agricultura brasileira.



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

Durante a execução do NAPI CIA-Agro, as contribuições à sociedade e ao setor agropecuário ocorreram de diversas formas. Uma delas foi a promoção e o compartilhamento de conhecimento em eventos científicos, com a organização de workshops, publicações em congressos nacionais e internacionais e em periódicos. A contribuição do CIA-Agro em publicação de artigos envolve a criação de uma abordagem para avaliar a segurança de aplicações que utilizam IA (Messas *et al.*, 2024) e o desenvolvimento de um algoritmo para o tratamento de séries temporais, com base em séries temporais agrometeorológicas (Silva *et al.*, 2023).

O centro realizou três edições do Workshop de Inteligência Artificial no Agro, em Londrina, entre 2022 e 2024, reunindo estudantes, pesquisadores e professores de diferentes áreas. A programação diversificada, com palestras temáticas e publicação de resumos (Workshop de Inteligência Artificial no Agro, 2024), fortaleceu o intercâmbio técnico-científico e a disseminação de ideias, como mostra a Figura 2, com as 50 palavras mais frequentes nos trabalhos publicados.

Figura 2 – Word cloud com as 50 palavras mais frequentes em resumos publicados nos anais do III Workshop de Inteligência Artificial no Agro



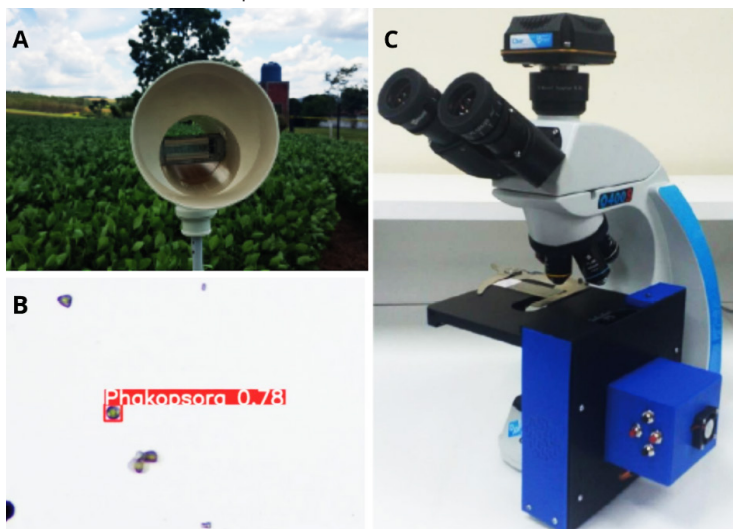
Fonte: A autoria própria.



Além da produção acadêmica, o CIA-Agro desenvolve soluções para fitossanidade, como o monitoramento de doenças agrícolas. A ferrugem asiática da soja pode reduzir a produtividade, e seu controle químico pode ser aprimorado pela detecção de esporos por coletores (Figura 3A) (IDR-PR, 2020), permitindo reduzir em até 35% as aplicações de fungicidas (Gheller *et al.*, 2017; Seixas *et al.*, 2018, 2019). Todavia, a leitura manual das lâminas limita a escalabilidade. Para superar esse desafio, o NAPI desenvolveu a automação de um microscópio capaz de realizar a varredura automática e uma metodologia de IA para identificar e contar esporos em lâminas coletoras (Figura 3) (A força [...], 2024; Tecnologia [...], 2024). As peças foram modeladas no SolidWorks e impressas em três dimensões, e a rede neural convolucional, baseada na arquitetura YOLO, foi treinada com imagens manualmente marcadas. O projeto rendeu premiação na edição 2024 do Programa de Propriedade Intelectual com Foco no Mercado (UTFPR, 2024).



Figura 3 – Monitoramento da ferrugem asiática da soja com técnicas de coleta e análise de esporos



Fonte: Elaborado com base em Seixas *et al.* (2020).

Legenda: (A) Coletor de esporos instalado em área de cultivo de soja, (B) identificação automática de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* por meio de técnicas de inteligência artificial, (C) em microscópio óptico equipado com sistema de captura e processamento de imagens.

Na mesma vertente da fitossanidade, no monitoramento do complexo de enfezamento do milho (CEM), causado por patógenos como *Spiroplasma kunkelii* e transmitido pela cigarrinha *Dalbulus maidis*, o CIA-Agro desenvolve mapas de favorabilidade ao enfezamento, usando metanálise e geoprocessamento dos dados da Rede CEM. Essas informações, derivadas de múltiplos ensaios sobre populações de cigarrinhas, reações fenotípicas de cultivares e eficiência de inseticidas, orientam estratégias de manejo e planejamento do plantio.

Os resultados desses projetos fomentam parcerias com startups e empresas do setor agrícola. Com a Fitovision, foi iniciado o projeto de desenvolvimento de software e algoritmos para análise automatizada de imagens capturadas por meio de veículos aéreos não tripulados em áreas de soja, visando estimar a produtividade e severidade de doenças utilizando aprendizado de máquina. Já com a Laborsolo, o centro desenvolve um projeto que tem como objetivo criar um índice de qualidade de solo por meio da aplicação e do desenvolvimento de técnicas de ciência de dados e reconhecimento de padrões, sob a expertise do CIA-Agro, com base nos dados da empresa parceira. O índice de qualidade de solo é empregado para quantificar a qualidade de um solo mediante o processamento integrado dos resultados de análise de um conjunto amplo de atributos que representam os parâmetros químicos, físicos e biológicos, correlacionando-os com o desempenho das culturas e podendo prever os potenciais riscos e benefícios do referido solo.

Espera-se ainda que o projeto auxilie na elaboração de serviço web de processamento de dados de análises de solo ao usuário e na estimativa de um índice de qualidade de solo, com a indicação dos atributos prioritários a serem melhorados e orientação da adoção de boas práticas agrícolas. O intuito é que os resultados do projeto sejam consumidos por produtores rurais e diversos outros agentes do agronegócio, contribuindo para uma produção mais racional e sustentável de recursos e potencial reconhecimento dos produtores que fizerem uma gestão eficaz e sustentável do solo.

O NAPI participa igualmente de projetos internacionais, como o projeto Desenvolvimento colaborativo da agricultura de precisão e digital para o fortalecimento do ecossistema de inovação e a sustentabilidade do agro



brasileiro, resultado de uma colaboração público-privada entre o Mapa, a Embrapa e a JICA, com atuação em território paranaense, conhecido como Módulo Paraná. Para tanto, o projeto objetiva a implementação de um piloto de agricultura de precisão no Paraná, com monitoramento de equipamentos via sensores, análise de dados agrônômicos e ambientais, desenvolvimento de soluções computacionais e disseminação de conhecimento, contando com o apoio do NAPI CIA-Agro, Seia, Embrapa, UTFPR, UEL, IDR-PR, Fundação ABC e das cooperativas Integrada, C. Vale e Lar.

A fim de qualificar e quantificar a comunidade atingida, o NAPI contabiliza o alcance entre suas instituições parceiras. Estima-se que cerca de 50 produtores rurais acessem todos os dias os mapas disponibilizados no site do IDR-PR, assim como aproximadamente 400 agricultores compareçam aos Dias de Campo realizados pela Embrapa Soja, enquanto os sistemas computacionais desenvolvidos pela Fundação ABC atendem em média a 600 mil hectares de soja, milho, feijão, trigo e cevada no Paraná. No âmbito acadêmico, a criação de um curso na UEL de Ciência de Dados e Inteligência Artificial também amplia a visibilidade do CIA-Agro, ao passo que representa uma oportunidade de formação interdisciplinar. Nesse mesmo sentido, a presença do CIA-Agro na mídia contribui para a divulgação das ações e fortalece a conexão entre ciência, tecnologia e sociedade, além de favorecer a replicação das iniciativas em outras localidades (Arimathéia, 2023; Paraná, 2024; A Força [...], 2024; Tecnologia [...], 2024; Livoratti, 2025; A Força [...], 2025).



---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

A compreensão dos desafios da agricultura é uma etapa primordial para viabilizar soluções eficientes voltadas à transformação digital do setor. A atividade agrícola ainda carece de técnicas consolidadas para a

análise sistemática dos dados gerados em campo. Nesse contexto, a aplicação de IA revela um potencial valioso. O CIA-Agro tem promovido impactos significativos no desenvolvimento e na transferência de tecnologias aplicadas ao agronegócio, contribuindo para otimizar o uso de insumos, definir critérios para a aplicação de produtos fitossanitários e fortalecer a transformação digital por meio da disseminação de conhecimento e da integração de empresas, universidades, cooperativas e governo.

Iniciativas como o NAPI CIA-Agro estabelecem um ambiente de compartilhamento de conhecimentos, favorecendo a articulação entre a pesquisa científica e a prática técnica. Os projetos desenvolvidos, os resultados alcançados e as conexões estabelecidas com o setor produtivo impulsionam a formulação de políticas voltadas à cocriação e à cogestão de soluções. Para garantir a replicabilidade dos resultados do CIA-Agro, é fundamental que essa articulação entre os diferentes atores continue a ser estimulada por meio de políticas públicas que favoreçam um ecossistema colaborativo.

Além de entregar resultados concretos e mensuráveis por meio dos projetos conduzidos, o NAPI CIA-Agro direciona esforços à formação de profissionais qualificados, com capacidade de atuação especializada no mercado e aptos a dar continuidade ao conhecimento gerado, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias em diferentes contextos produtivos. Essa perspectiva está alinhada ao Plano Brasileiro de Inteligência Artificial, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, que reconhece a importância de fomentar soluções e consolidar competências técnicas entre profissionais brasileiros (Brasil, 2025).



---

## REFERÊNCIAS

TECNOLOGIA: inteligência artificial no combate à ferrugem da soja. [S. l.: s. n.], 2024. 1 vídeo (7 min). Publicado pela canal Agromais. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TV11BF-OOzM&t=255s>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ARIMATHÉIA, José de. *Workshop debate uso de tecnologia e inteligência artificial na agropecuária*. **O Perobal**, Londrina, 2023. Disponível em: <https://operobal.uel.br/ultimas/2023/03/27/workshop-debate-uso-tecnologia-e-de-inteligencia-artificial-na-agropecuaria/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **IA para o bem de todos: Plano Brasileiro de Inteligência Artificial**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2025. Disponível em: [https://www.cgEE.org.br/documents/10195/11009772/CGEE\\_PBIA.PDF](https://www.cgEE.org.br/documents/10195/11009772/CGEE_PBIA.PDF). Acesso em: 23 jun. 2025.

CARAYANNIS, Elias G.; CAMPBELL, David F. J. 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 46, n. 3-4, p. 201-234, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>. Disponível em: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=23374>. Acesso em: 1 set. 2025.

GHELLER, João Antônio *et al.* **Monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi* para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja**: relato da experiência da Emater-PR na safra 2016-17. Londrina: Embrapa Soja, 2017.

GUELFY, João Antônio Tavares *et al.* Evaluation of deep learning approaches in the identification and classification of fungal spores from microscopy slides. *In*: BRAZILIAN E-SCIENCE WORKSHOP, 2024, [s. l.]. **Anais [...]**. SBC, [S. l.]: 2024. p. 72-79. DOI: <https://doi.org/10.5753/bresci.2024.244204>. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/bresci/article/view/30583>. Acesso em: 1 set. 2025.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ. **Manejo integrado de doenças da soja**: ênfase no uso de coletor de esporos. Paraná: IDR-PR, 2020. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Manejo-Integrado-de-Doencas-da-Soja>. Acesso em: 28 jul. 2025.

LAURENTI, Antonio Carlos *et al.* **Sistemas de produção na agropecuária do Paraná**: especialização e diversidade. Londrina: IDR-Paraná, 2023. (Boletim Técnico, n. 105.) Disponível em: [https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/pesquisa/publicacoes/bt/105/BT105-livro.pdf\\_0.pdf](https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/pesquisa/publicacoes/bt/105/BT105-livro.pdf_0.pdf). Acesso em: 13 ago. 2025.

LIVORATTI, Pedro. UEL integra pesquisa de agricultura de precisão para pequenos e grandes produtores. **O Perobal**, Londrina, 2025. Disponível em: <https://operobal.uel.br/ultimas/2025/03/27/uel-integra-pesquisa-de-agricultura-de-precisao-para-pequenos-e-grandes-produtores/>.



operobal.uel.br/proppg/2025/01/30/uel-integra-pesquisa-de-agricultura-de-preciso-para-pequenos-e-grandes-produtores/. Acesso em: 28 jul. 2025.

MEGETO, Guilherme Augusto Silva *et al.* Artificial intelligence applications in the agriculture 4.0. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 51, n. 5, 2020. DOI: <https://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/84914>. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3701625.3701640>. Acesso em: 1 set. 2025.

MESSAS, Gabriel Esteves *et al.* sAIf: towards a lightweight threat modeling approach to support machine learning application development. *In: ANNUAL ACM SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING*, 39., 2024, Avila. **Proceedings [...]**. New York: ACM, 2024. p. 729-736. DOI: <https://doi.org/10.1145/3701625.3701640>. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3701625.3701640>. Acesso em: 1 set. 2025.

MONDAL, Bidyut. Artificial intelligence: state of the art. *In: BALAS, Venkata et al. (org.). Recent trends and advances in artificial intelligence and internet of things*. Cham: Springer, 2020. p. 389-425. (Intelligent Systems Reference Library, v. 172.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32644-9\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32644-9_32). Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-32644-9\\_32](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-32644-9_32). Acesso em: 1 set. 2025.

PARANÁ. Governo do Paraná. **Pesquisadores do Paraná usam inteligência artificial para combate da ferrugem da soja**. Paraná: Governo do Paraná, 2024. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Pesquisadores-do-Parana-usam-Inteligencia-Artificial-para-combate-da-ferrugem-da-soja>. Acesso em: 28 jul. 2025.

A FORÇA do agro: a inteligência artificial está revolucionando o agro. [S. l.: s. n.], 2024. 1 vídeo (31 mim). Publicado pela canal Revista Oeste. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zHHp4NnB9EM&list=PLa6ZAwMKhIlq-JYXIUyYOFp8KbECOJe395&index=254>. Acesso em: 28 jul. 2025.

A FORÇA do agro, com Joice Maffezzolli – Paraná tem sistema para monitorar ferrugem asiática da soja. [S. l.: s. n.], 2025. 1 vídeo Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ffsOZqrzffM>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SEIXAS, Claudine Dinali Santos *et al.* **Monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2017/2018 para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2018.



SEIXAS, Claudine Dinali Santos *et al.* **Monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2018/2019 para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2019.

SEIXAS, Claudine Dinali Santos *et al.* **Monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2019/2020 para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja.** Londrina: Embrapa/IDR-Paraná, 2020. Disponível em: [https://www.idrparana.pr.gov.br/sites/iapar/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-11/circular\\_tecnica\\_embrapa\\_164\\_-\\_2019-2020.pdf](https://www.idrparana.pr.gov.br/sites/iapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-11/circular_tecnica_embrapa_164_-_2019-2020.pdf). Acesso em: 13 ago. 2025.

SILVA, Vitor de Castro *et al.* Explainable time series tree: an explainable top-down time series segmentation framework. **IEEE Access**, New York, v. 11, p. 120845-120856, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3326847>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10292634>. Acesso em: 1 set. 2025.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Projeto de Pesquisa da UTFPR-CP Ganha Prêmio no Programa de Propriedade Intelectual com Foco no Mercado (Prime) - Edição 2024!** Cornélio Procópio: UTFPR, 2024. Disponível em: <https://www.utfpr.edu.br/noticias/cornelio-procopio/projeto-de-pesquisa-da-utfpr-cp-ganha-premio-no-programa-de-propriedade-intelectual-com-foco-no-mercado-prime-edicao-2024>. Acesso em: 28 jul. 2025.

VILLAFUERTE, Andrés *et al.* Agricultura 4.0: estudo de inovação disruptiva no agronegócio brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM TECNOLOGIA E SIMPÓSIO DE TECNOLOGIAS APLICADAS, 9., 2018, Aracaju. **Anais** [...]. Aracaju: [S. n.], 2018. p. 150-162. DOI: <https://doi.org/10.7198/S2318-3403201800010018>. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/2ce0/bab9e-6f308ab16abde2800fa027bdf279771.pdf>. Acesso em: 1 set. 2025.

WORKSHOP DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO AGRO, 3., 2024, Londrina. **Anais** [...]. Londrina, 2024. Disponível em: [http://ciaagro.uel.br/wp-content/uploads/2024/12/anais\\_iii\\_workshop\\_cia\\_agro.pdf](http://ciaagro.uel.br/wp-content/uploads/2024/12/anais_iii_workshop_cia_agro.pdf). Acesso em: 28 jul. 2025.





---

# NAPI ProSolo:

## manejo e conservação do solo e da água no Paraná

Graziela Moraes de Cesare Barbosa<sup>1</sup>

Cristiano André Pott<sup>2</sup>

André Pellegrini<sup>3</sup>

Neyde Fabiola Balarezo Giarola<sup>4</sup>

Edison Schmidt Filho<sup>5</sup>

---

131

---

1 IDR-PR - Londrina; graziela\_barbosa@idr.pr.gov.br

2 UNICENTRO - Guarapuava; cpott@unicentro.br

3 UTFPR - Dois Vizinhos; andrepellegrini@utfpr.edu.br

4 UEPG - Ponta Grossa; neydef@uepg.br

5 UNICESUMAR - Maringá; edison.schmidt@unicesumar.edu.br

## Resumo

A falta de terraços agrícolas em áreas intensivamente cultivadas causam escoamento superficial e erosão hídrica. No estado do Paraná, foi implementado o NAPI ProSolo Manejo e Conservação do Solo e da Água do Estado do Paraná para monitorar o escoamento superficial e a perda de sedimentos em áreas cultivadas com e sem terraços agrícolas. A pesquisa é conduzida em megaparcelas e bacias hidrográficas de seis regiões do Paraná. O projeto contou com a instalação de calhas “H” nas megaparcelas e de uma calha Parshall em um rio de primeira ordem, onde foram instalados um linígrafo para a determinação da vazão e um pluviógrafo para a caracterização da chuva. Maiores coeficientes de escoamento superficial são verificados no sistema sem terraços no período monitorado. Todas as regiões precisam de terraços agrícolas para controle do escoamento superficial e diminuição da erosão em áreas sob plantio direto. A pesquisa encontra-se em andamento em vista da necessidade da construção de um banco de dados dos parâmetros hidrossedimentológicos para a recomendação regionalizada de terraceamento para o estado do Paraná.

**Palavras-chave:** erosão hídrica; terraços; plantio direto.

## Abstract

The lack of agricultural terraces in areas under no-tillage systems causes runoff water erosion. In the state of Paraná, Brazil, NAPI ProSolo Soil and Water Management and Conservation in the State of Paraná was implemented to monitor runoff and sediment loss in areas with and without terraces. The research is conducted in macroplots and watersheds in six regions of Paraná and included the installation of H flume in macroplots and a Parshall flume in a first-order river in the watershed, in which a linigraph was installed to determine flow, as well as a rain gauge to characterize rainfall. Higher runoff coefficients were observed in the areas without terrace system during the monitored period. In all regions, agricultural terraces are needed to control runoff and reduce erosion in areas under no-tillage. The research is ongoing since it is necessary to build a database of hydrosedimentological parameters for regionalized terracing recommendations for Paraná.

**Keywords:** water erosion; terraces; soil and water conservation.



---

# 1 INTRODUÇÃO

O projeto Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs) ProSolo: Manejo e Conservação do Solo e da Água do Estado do Paraná é originado da Rede Paranaense de Agropesquisa e Formação Aplicada (Rede Agropesquisa), criada em 2015 por meio do Decreto estadual n.º 2.475, e articulada com a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná em conjunto com a Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Em 2016, foi instituído o Programa Integrado de Conservação de Solo e Água do Paraná (ProSolo), com foco na capacitação técnica, transferência de tecnologia e implementação de práticas conservacionistas para combater a erosão e promover o uso sustentável do solo. O NAPI ProSolo foi formalmente implementado em 2023, como parte do Programa de Apoio aos Núcleos de Pesquisa Aplicada à Inovação, criado para fomentar a pesquisa integrada e aplicada nas principais áreas de interesse público e estratégico do estado do Paraná.

O NAPI ProSolo surgiu da união de esforços entre diversas universidades estaduais e federais, institutos de pesquisa, órgãos governamentais e representantes do setor produtivo agropecuário. Sua origem reflete a crescente preocupação com a degradação dos solos agrícolas no Paraná e a necessidade de uma abordagem integrada e científica para minimizar seus efeitos. Desde sua criação, o projeto vem sendo coordenado por pesquisadores de referência em ciências agrárias e ambientais, com apoio técnico e institucional da Fundação Araucária, do Sistema Federação da Agricultura do Estado do Paraná (Faep)/Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (Senar-PR), do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR\_PR), da Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e da Universidade Cesumar (UniCesumar).



O objetivo do NAPI ProSolo é propor critérios técnicos para práticas de controle da erosão em razão do tipo de solo, do seu manejo e das culturas cultivadas em diferentes regiões do estado do Paraná. Para atingir esse objetivo, é realizado o monitoramento hidrossedimentométrico de megaparcelas e de bacias hidrográficas para determinação de parâmetros hidrossedimentológicos e atributos de solo.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

O estado do Paraná foi referência em programas relacionados à conservação do solo e da água, sendo o primeiro estado a ter implantado a Lei de Uso de Solos, em 1984. O objetivo desses programas, que se iniciaram na década de 1970, era adotar práticas conservacionistas para reduzir a perda de solos das lavouras. Nessa fase, o plantio direto consolidou-se e promoveu inúmeros benefícios e avanços na conservação do solo do Paraná (Muzilli, 1983; Eltz *et al.*, 1984). Entre as décadas de 1970 e 1990, várias pesquisas foram realizadas no estado pelo Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), principalmente acerca da quantificação das perdas de solos em diferentes culturas e manejos do solo (Merten *et al.*, 2015; Merten; Araújo; Barbosa, 2016).

Apesar da expressiva adoção do sistema plantio direto, as práticas mecânicas de conservação de solo e água estão sendo reduzidas sensivelmente, e os processos de degradação do solo, intensificando-se, sobretudo pelo excesso de escoamento superficial nas lavouras. Os sistemas agrícolas utilizados não são suficientes para o manejo do escoamento superficial nem para o controle da erosão (Merten *et al.*, 2015).

As pesquisas realizadas pelo NAPI ProSolo buscam compreender o ciclo hidrossedimentológico em bacias hidrográficas, em diferentes climas, solos e relevos do Paraná. Para tanto, os estudos estão sendo desenvolvidos em escala de paisagem, usando as encostas agrícolas e redes



de drenagem de primeira ordem como unidades de monitoramento (Londero *et al.*, 2018). Nas encostas agrícolas, utilizam-se mepaparcels com e sem terraços, e faz-se o monitoramento com calhas H. Na rede de drenagem (bacia hidrográfica) o monitoramento é realizado em calha Parshall (Pellegrini; Barbosa, 2023).

---

### 3 DESENVOLVIMENTO

A criação do NAPI ProSolo foi um avanço significativo na união entre pesquisa científica, políticas públicas e as necessidades reais do campo. Tudo começou com os alertas do Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Nepar-SBCS), que já em 2013 chamava a atenção para o crescente problema de erosão dos solos, especialmente por causa da remoção de terraços e do uso intensivo da terra sem práticas adequadas de conservação. Esse debate ganhou força durante a III Reunião Paranaense de Ciência do Solo, na qual ficou claro que era urgente uma ação conjunta para resgatar técnicas de conservação e produzir conhecimento científico adaptado à realidade local.

Diante desse desafio, o Nepar-SBCS reuniu profissionais de diversas instituições para criar um projeto de pesquisa colaborativo e aplicado. Essa mobilização resultou, em 2015, na formação da Rede Agropesquisa, oficializada pelo Decreto estadual n.º 2.475. A rede passou a ser coordenada pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento e pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, em parceria com a Fundação Araucária e o Sistema Faep/Senar-PR. O modelo adotado foi inovador: uma gestão compartilhada entre setores público e privado, organizada em redes regionais e com decisões tomadas de forma participativa, por meio de editais competitivos.

A Rede Agropesquisa ganhou ainda mais força com o Programa Integrado de Conservação de Solo e Água do Paraná (ProSolo), criado em 2016. Embora mais recente, o ProSolo incorporou a rede como um de seus pilares, fortalecendo sua missão de gerar conhecimento e práticas para



reduzir a erosão, melhorar a qualidade ambiental e aumentar a produtividade agrícola. Essa parceria entre o programa estadual e a pesquisa aplicada criou um modelo integrado, envolvendo capacitação técnica, extensão rural, engajamento dos produtores e atualização das leis ambientais.

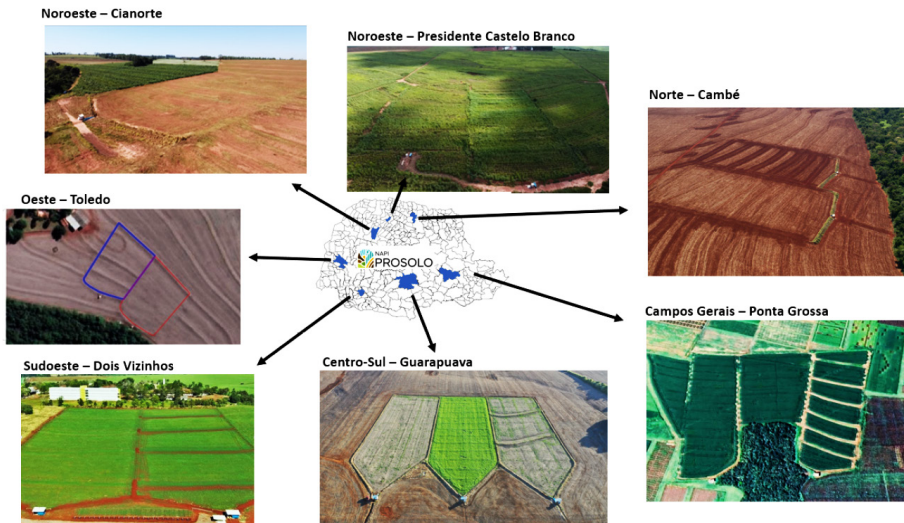
A metodologia da Rede Agropesquisa foi definida em dois grandes encontros: o 1.º Workshop da Rede, em novembro de 2015, que estabeleceu sua governança, e o 2.º Workshop da Rede, que elegeu o manejo e a conservação de solo e água como prioridade. A decisão foi unânime entre universidades, institutos de pesquisa, cooperativas e associações de produtores, mostrando a importância do tema para o futuro da agricultura no estado.

Com essas diretrizes, a Fundação Araucária e o Senar-PR lançaram chamadas públicas para formar equipes técnicas e organizar a rede em sete mesorregiões, cada uma com características próprias de solo, clima e produção agrícola. Essa divisão garantiu que as soluções desenvolvidas fossem adaptadas às necessidades locais, respeitando a diversidade do Paraná.

A pesquisa foi baseada em dois eixos principais: parcelas de grande dimensão (megaparcelsas de 1 a 2 ha) e microbacias hidrográficas de primeira ordem. As megaparcelsas foram instaladas em áreas estratégicas, nas quais são monitorados os parâmetros hidrossedimentológicos e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Já as microbacias são monitoradas com equipamentos de medição automática, como sensores de chuva e de nível de água e dispositivos para coletar amostras de água, ajudando a entender o escoamento superficial. No total, 15 megaparcelsas em seis microbacias foram implantadas e são monitoradas em diferentes regiões do Paraná (Figura 1).



Figura 1 – Localização das megaparcelas nas diferentes mesorregiões do estado do Paraná



Fonte: Autoria própria.

O NAPI ProSolo conta com a participação ativa da comunidade científica: cerca de 150 pesquisadores de 19 instituições, além de técnicos e estudantes de graduação e pós-graduação. Essa equipe multidisciplinar, incluindo especialistas em solos, hidrologia, ecologia e tecnologia da informação, trabalha de forma integrada, usando plataformas digitais para garantir a qualidade e a reprodutibilidade dos dados.

Ademais, o setor produtivo tem papel fundamental. A Itaipu, cooperativas, associações e empresas contribuíram com infraestrutura, áreas de teste e financiamento e trouxeram demandas práticas, como o uso de plantas de cobertura, aplicação de dejetos de suínos e ajustes no traçado de curvas de nível para facilitar a mecanização.

As parcerias não se restringiram ao estado do Paraná, envolvendo universidades internacionais, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e especialistas de outros estados. Essa colaboração entre governo, academia, setor privado e sociedade civil garante que o conhecimento gerado esteja alinhado às necessidades reais do campo, fortalecendo a sustentabilidade da agricultura paranaense.



Na área de formação, o NAPI ProSolo promove capacitações para técnicos e agrônomos e integra estudantes em pesquisas de campo com foco em aplicações práticas. Essa abordagem não só dissemina o conhecimento, mas igualmente prepara uma nova geração de profissionais para os desafios da conservação do solo e da água em um cenário de mudanças climáticas.

Assim, o NAPI ProSolo tornou-se um exemplo de como unir ciência, política e prática. Sua trajetória mostra que é possível desenvolver soluções técnicas mediante o diálogo entre diferentes saberes, o respeito às particularidades regionais e o trabalho em rede. É esse modelo que consolida o Paraná como referência em pesquisa aplicada para uma agricultura mais sustentável.



---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

138

O NAPI ProSolo exemplifica como a pesquisa aplicada pode transformar realidades locais enquanto contribui para objetivos globais de desenvolvimento sustentável. Suas iniciativas alinham-se a diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Organização das Nações Unidas (ONU), promovendo práticas conservacionistas de produção agrícola, gestão sustentável da água e mitigação climática.

No âmbito do ODS 2 (fome zero e agricultura sustentável), o programa aprimora técnicas como o terraceamento e o monitoramento hidrossedimentológico, visando reduzir as perdas de solo e garantir a produtividade agrícola de forma sustentável. O ODS 6 (água potável e saneamento) é abordado pela preservação hídrica, com estudos sobre a qualidade da água e estratégias para minimizar a contaminação por agroquímicos.

A contribuição ao ODS 13 (ação contra a mudança do clima) ocorre por meio do sequestro de carbono no solo, possibilitado pelo plantio direto e pela rotação de culturas. Já quanto ao ODS 15 (vida terrestre), a

pesquisa foca na biodiversidade do solo, considerando fatores biológicos e físicos que garantem sua conservação.

O programa fortalece a formação acadêmica e técnica conforme o ODS 4 (educação de qualidade), ao engajar pesquisadores e produtores rurais na difusão do conhecimento. A promoção da igualdade de gênero (ODS 5) é visível na liderança feminina em áreas estratégicas da pesquisa, ampliando a inclusão no setor agrícola.

Além disso, o ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura) reflete-se na padronização metodológica para monitoramento de terras e desenvolvimento de modelos matemáticos, impulsionando a inovação. O ODS 17 (parcerias e meios de implementação) é fortalecido pela colaboração entre instituições de pesquisa, governo e setor produtivo, acelerando a transferência de tecnologia para o campo.

Assim, o NAPI ProSolo não apenas pesquisa o desenvolvimento sustentável, mas o constrói na prática, proporcionando soluções científicas e sociais aos desafios ambientais e produtivos.



---

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

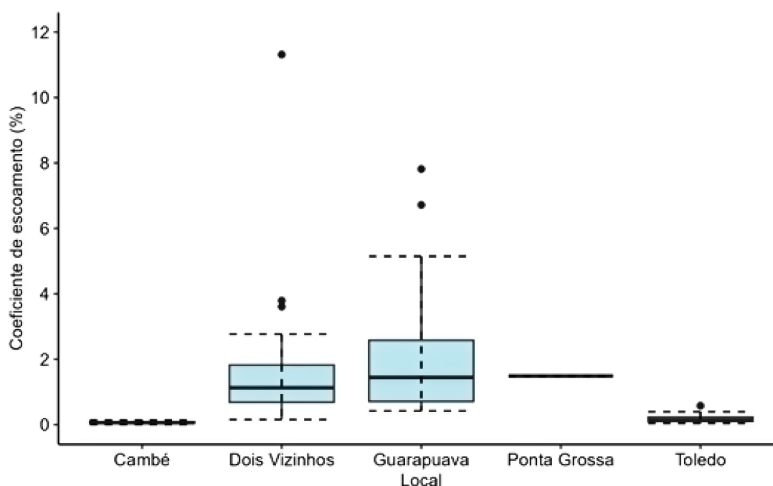
Neste subcapítulo é apresentada somente parte dos resultados da hidrossedimentologia, oriundos do monitoramento das bacias hidrográficas e das megaparcelas do NAPI ProSolo.

Na região Sul do Brasil, a influência do fenômeno El Niño está associada à ocorrência de precipitação acima da média, principalmente na primavera, com chuvas intensas e formação de tempestades locais, enquanto no fenômeno La Niña se observa a ocorrência de estiagens prolongadas (Cai *et al.*, 2020). Do segundo semestre de 2020 até o início do primeiro trimestre de 2023, constatou-se forte dominância do fenômeno La Niña (NOAA, 2024). No monitoramento das mesorregiões pôde ser

constatada essa influência, ocasionando redução das chuvas na maioria das mesorregiões.

Nos anos de 2021 e 2022 as chuvas ocorridas nas bacias hidrográficas das mesorregiões monitoradas não resultaram em grandes perdas de água e sedimento. O coeficiente de escoamento representa a porcentagem do volume de água precipitado transformada ou perdida como escoamento superficial (Figura 2). Verificou-se que as bacias hidrográficas que apresentaram maior lâmina escoada e, conseqüentemente, maior coeficiente de escoamento superficial foram registradas em Dois Vizinhos e Guarapuava, sendo os maiores valores de coeficientes de escoamento 11% e 8% respectivamente.

Figura 2 – Coeficiente de escoamento superficial no período de 2021 e 2022 nas áreas das bacias hidrográficas pertencentes ao NAPI ProSolo



Fonte: Autoria própria.

No período de 2021 a 2022, tanto as bacias hidrográficas localizadas em Cambé quanto em Toledo registraram baixos coeficientes de escoamento superficial. Nessas bacias hidrográficas de estudo, predomina a agricultura de lavouras sob plantio direto com terraceamento em toda a sua extensão, possibilitando que a água seja armazenada nos terraços base larga em nível para, e posteriormente, infiltrar-se no solo, o que



reduz o escoamento superficial e o transporte de sedimentos para os rios. Na bacia hidrográfica de Guarapuava, com 90% de uso do solo em plantio direto, no entanto sem terraceamento, e em grande parte das lavouras com cultivo no sentido morro abaixo, fica mais fácil o escoamento superficial de água (Figura 2). A bacia hidrográfica de Dois Vizinhos tem 47% de área de lavoura sob plantio direto, grande parte sem terraceamento, e 16% da sua área fica em mata ciliar, estando cerca de 25% dessa área com saturação do solo (banhado), o que favorece a geração de escoamento superficial.

Esse período de estiagem em decorrência dos fenômenos climáticos, como La Niña, resultou em precipitações abaixo da média na região Sul do Brasil, com chuvas de média a baixa intensidade. A ausência de eventos pluviométricos intensos causou a ocorrência de eventos de chuva-vazão de baixa magnitude na bacia hidrográfica Lajeado da Onça, localizada em Ponta Grossa, e, por consequência, comprometeu os estudos de processos hidrossedimentológicos nessa microbacia. A ocorrência de eventos não significativos de chuva-vazão nos anos de chuva abaixo da média exige e reforça a necessidade de estudos de longo prazo, especialmente em cenários de variabilidade e mudança climática. Importa destacar que, no ano de 2023, com a ocorrência do fenômeno El Niño, observou-se a ocorrência de eventos de chuva-vazão na bacia hidrográfica Lajeado da Onça (Barbosa, E. A. A. *et al.*, 2025).

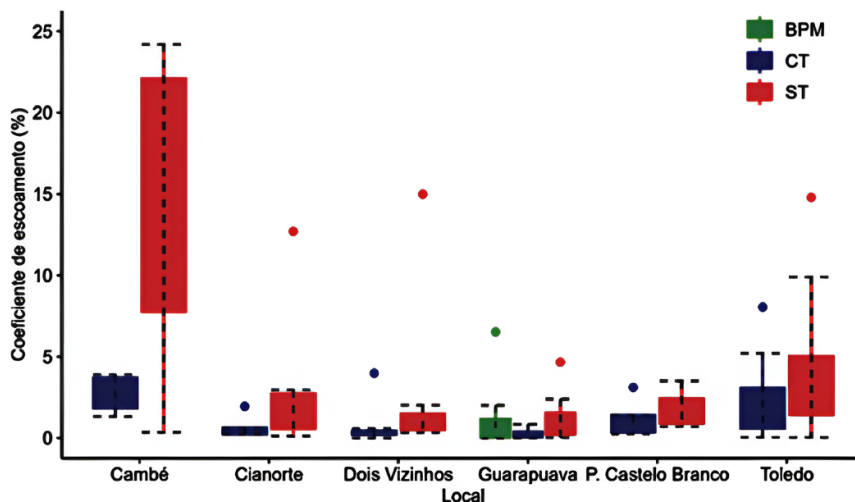
Os tratamentos de manejo estudados na escala de megaparcelas foram o manejo sem terraços (ST) e com terraços (CT). A mesorregião de Guarapuava estudou também um terceiro manejo denominado boas práticas de manejo (BPM), que consiste no sistema de plantio direto com melhoria na rotação de culturas com plantas de cobertura outonal e cultivo em nível, no entanto sem uso de terraços.

Os coeficientes de escoamento das megaparcelas nas diferentes mesorregiões, no período de 2021 e 2022, estão apresentados na Figura 3. A grande maioria dos eventos de chuva teve coeficientes de escoamento abaixo de 5%, que são caracterizados como eventos de baixa magnitude, pois não geraram perdas elevadas de água por escoamento superficial. Apenas dois eventos de chuva geraram coeficiente de escoamento maior



do que 20% em Cambé, na megaparcela ST. Além disso, os coeficientes de escoamento superficial maiores que 10% ocorreram nas megaparcelas ST de Cianorte, Dois Vizinhos e Toledo.

Figura 3 – Coeficiente de escoamento superficial no período de 2021 a 2022 nas megaparcelas



Fonte: Autoria própria.

Legenda: CT – com terraços; ST – sem terraços; BPM – boas práticas de manejo.

Em Guarapuava, houve baixo escoamento superficial de 2021 a 2022, mas, nas mesmas tendências das outras regiões, o sistema ST apresentou os maiores coeficientes de escoamento. Conforme relatado em Fuentes-Guevara *et al.* (2024), em eventos de baixa intensidade, a megaparcela BPM foi eficiente para controlar o escoamento superficial, muito semelhante à megaparcela CT. No entanto, quando ocorreram eventos de maior precipitação, houve escoamento superficial maior em BPM do que no sistema padrão ST, evidenciando que existe a necessidade das práticas mecânicas como os terraços base larga em nível para diminuir o fluxo concentrado de água. Em todas as mesorregiões, as megaparcelas CT diminuiram o coeficiente de escoamento superficial de água.

Esse período 2021–2022 foi fortemente influenciado pelo fenômeno La Niña. Com isso, houve menor volume de precipitação, o que impactou,

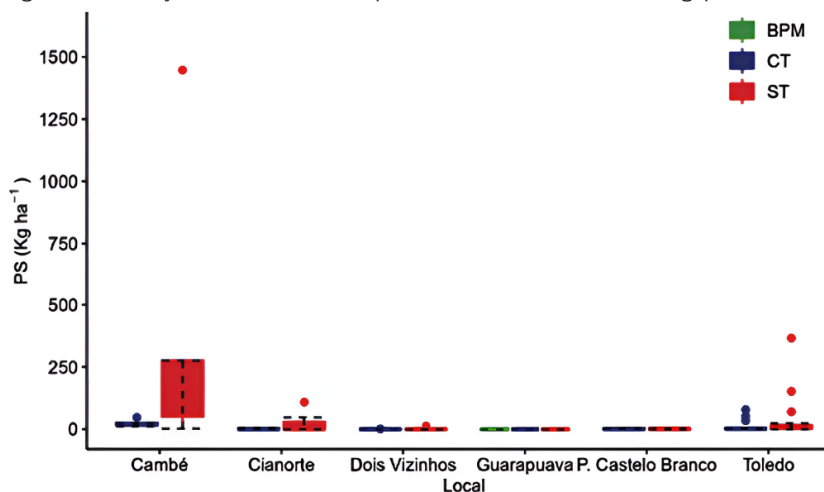


entre outros fatores, na não ocorrência de eventos de chuva-vazão na mesorregião de Ponta Grossa. Destaca-se que as megaparcelas dessa mesorregião foram submetidas à intervenção mecânica de descompactação, o que elevou sua capacidade de infiltração nesse período, contudo os resultados apresentados das megaparcelas com monitoramento de eventos de chuva-vazão deixaram evidente a necessidade dos terraços agrícolas para mitigar o escoamento superficial de água nas áreas de lavoura, demonstrando que essa prática mecânica de conservação do solo é necessária em todas as regiões do Paraná, mesmo sob o La Niña.

Na integralização dos resultados, isto é, multiplicando concentração de sedimentos em suspensão (CSS) por vazão, tem-se a produção total de sedimento (PS) nas megaparcelas (Figura 4). A maior produção de sedimento no período 2021–2022 ocorreu nas megaparcelas ST de Cambé, Cianorte e Toledo. Dessas megaparcelas, Cambé e Toledo apresentam solos muito argilosos, mais resistentes à erosão do que os arenosos, contudo, diante da falta de práticas mecânicas de erosão, fica evidente a maior perda de solo, representada pela produção de sedimento (Figura 4).



Figura 4 – Produção de sedimentos no período de 2021 a 2022 nas megaparcelas



Fonte: Autoria própria.

Legenda: PS – produção de sedimentos; CT – com terraços; ST – sem terraços; BPM – boas práticas de manejo.

Mais resultados do NAPI ProSolo podem ser verificados nos livros da Rede Agropesquisa (Pellegrini; Barbosa, 2023; Barbosa, G. M. C. *et al.*, 2025).

---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O NAPI ProSolo tem obtido resultados promissores para a conservação do solo e da água para o estado do Paraná. A importância do terraceamento na conservação do solo e da água está comprovada cientificamente em todas as regiões estudadas, mesmo em período de menor precipitação, influenciado pelo fenômeno La Niña.

A pesquisa encontra-se em andamento, pois é necessária a construção de um banco de dados dos parâmetros hidrossedimentológicos para a elaboração da recomendação do dimensionamento de terraços de forma regionalizada para o Paraná.

---

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, E. A. A. *et al.* Use of agricultural terraces to control water loss on slopes cultivated with grains under a no-tillage system. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 45, n. esp. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v45nespe120240186/2025>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/9rv-4jw55mTdcxd437yffLRP/?lang=en>. Acesso em: 1 set. 2025.

BARBOSA, G. M. C. *et al.* (org.). **Manejo e conservação de solo e água**: resultados da hidrossedimentometria e atributos de solo. Curitiba: Senar-AR/PR, 2025. v. 2.

CAI, W. *et al.* Climate impacts of El Niño-southern oscillation on south America. **Earth Environment**, [s. l.], v. 1, p. 215-231, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/>



s43017-020-0040-3. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43017-020-0040-3>. Acesso em: 1 set. 2025.

ELTZ, F. L. F. *et al.* Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em Laterítico Bruno avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 117-125, 1984.

FUENTES-GUEVARA, M. D. *et al.* Mixture of winter cover crops reduces surface runoff and sediment production under no-tillage system for Oxisols. **Land Degradation and Development**, [s. l.], v. 35, n. 6, p. 2145-2156, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.5050>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.5050>. Acesso em: 1 set. 2025.

LONDERO, A. L. *et al.* Impact of broad-based terraces on water and sediment losses in no-till (paired zero-order) catchments in southern Brazil. **Journal of Soils and Sediments**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 1159-1175, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1894-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-017-1894-y>. Acesso em: 1 set. 2025.

MERTEN, G. H.; ARAÚJO, G.; BARBOSA, G. C. **Erosão no estado do Paraná: fundamentos, estudos experimentais e desafios**. Londrina: Iapar, 2016.

MERTEN, G. H. *et al.* No-till surface runoff and soil losses in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, [s. l.], v. 152, p. 85-93, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.03.014>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198715000823>. Acesso em: 1 set. 2025.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NOAA. National Centers for Environmental Prediction. **Cold & warm episodes by season**. NOAA. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>. Acesso em: 19 jul. 2024.

PELLEGRINI, A.; BARBOSA, G. M. de C. (org.). **Manejo e conservação de solo e água: formação, implantação e metodologias**. Curitiba: Senar-AR/PR, 2023. v. 1.





---

# Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Proteínas Alternativas

Carla Forte Maiolino Molento<sup>1</sup>

Gabriel Mendes<sup>2</sup>

Germano Glufke Reis<sup>3</sup>

Rodrigo Luiz Morais da Silva<sup>4</sup>

Susan Grace Karp<sup>5</sup>

Renata Bachin Mazzini Guedes<sup>6</sup>

Paula Toshimi Matumoto Pinto<sup>7</sup>

Renata Ernlund Freitas de Macedo<sup>8</sup>

Carlos Ricardo Soccol<sup>9</sup>

---

146

---

1 UFPR - Curitiba; [carlamolento@ufpr.br](mailto:carlamolento@ufpr.br)

2 UFPR - Curitiba; [mendes.gabriel@ufpr.br](mailto:mendes.gabriel@ufpr.br)

3 UFPR - Curitiba; [glufkereis@ufpr.br](mailto:glufkereis@ufpr.br)

4 UFPR - Curitiba; [rodrigo.morais.silva@ufpr.br](mailto:rodrigo.morais.silva@ufpr.br)

5 UFPR - Curitiba; [susan.karp@ufpr.br](mailto:susan.karp@ufpr.br)

6 UFPR - Jandaia do Sul; [renataguedes@ufpr.br](mailto:renataguedes@ufpr.br)

7 UEM - Maringá; [ptmpinto@uem.br](mailto:ptmpinto@uem.br)

8 PUC-PR - Curitiba; [renata.macedo@pucpr.br](mailto:renata.macedo@pucpr.br)

9 UFPR - Curitiba; [soccol@ufpr.br](mailto:soccol@ufpr.br)

## Resumo

O objetivo deste capítulo foi registrar a motivação e a história do NAPI Proteínas Alternativas, apresentando os seus resultados até o momento, permeados por uma reflexão sobre os seus potenciais benefícios para as sociedades paranaense, brasileira e global. Liderado por seis equipes de pesquisa em três instituições paranaenses, o NAPI Proteínas Alternativas tem o propósito de fortalecer o Paraná como líder na produção de alimentos e torná-lo referência em agricultura celular, por meio do engajamento com os novos sistemas alimentares. Entre os principais produtos e soluções entregues ou em desenvolvimento, estão a manutenção das células de raças de identidade paranaense em laboratório, protótipos iniciais de carne cultivada, protocolos de isolamento e expansão de linhagens celulares, formulações experimentais de combinações vegetais para meios de cultivo, ementas curriculares para disciplinas de graduação e pós-graduação, artigos científicos, eventos científicos de caráter regional e internacional, a oferta permanente de ações de extensão do conhecimento para a sociedade, planos de negócio para empresas emergentes e um número crescente de parcerias nacionais e internacionais. Em síntese, mesmo ainda no início de seu terço final de execução, é possível afirmar que o objetivo principal do NAPI Proteínas Alternativas foi atingido. De fato, a liderança do estado do Paraná na área é reconhecida por várias instituições, no Brasil e nos países de vanguarda, no que tange aos novos sistemas alimentares.

**Palavras-chave:** agricultura celular; carne cultivada; fermentação de precisão.

## Abstract

The objective of this chapter was to document the motivation and history of NAPI Alternative Proteins, presenting its results, interwoven with a reflection on the potential benefits for society in Paraná, Brazil, and the world. Led by six research teams across three institutions in Paraná, NAPI Alternative Proteins aims to strengthen Paraná as a leader in food production and establish it as a reference in cellular agriculture through engagement with new food systems. Among the main products and solutions delivered or under development are: the maintenance of cells from Paraná-identity breeds in the laboratory, initial prototypes of cultivated meat, protocols for isolating and expanding cell lines, experimental formulations of plant-based combinations for culture media, curricular syllabi for undergraduate and graduate courses, scientific papers, scientific events at both regional and international levels, a permanent offering of outreach activities for society, business plans for emerging companies, and a growing number of national and international



partnerships. In summary, even while still in the early part of its final third of execution, it is possible to state that the main objective of NAPI Alternative Proteins has been achieved. Paraná's leadership in the field is recognized by several institutions in Brazil and pioneering countries in the realm of new food systems.

**Keywords:** cellular agriculture; cultivated meat; precision fermentation.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda global por produtos de origem animal tem previsão de crescimento para as próximas décadas. Simultaneamente, a produção desses alimentos enfrenta questões de sustentabilidade, perda de biodiversidade, geração de resíduos e contaminação ambiental, uso indiscriminado de antibióticos e geração de resistência a antimicrobianos, riscos de zoonoses e novas pandemias, ética animal, segurança alimentar e saúde do consumidor. Tais questões impulsionam a busca por tecnologias alternativas para o fornecimento de proteína alimentar de alta qualidade para a saúde humana e de características sensoriais equivalentes às dos produtos convencionais. Assim, surgem as proteínas alternativas, aquelas produzidas sem o envolvimento da criação e do abate de animais para a obtenção de carne, leite, ovos e derivados. Entre as tecnologias existentes, estão as proteínas vegetais, fermentadas e cultivadas.

Intrinsecamente envolvido com tais questões, o Brasil ocupa lugar central no cenário mundial de produção de alimentos, e o estado do Paraná destaca-se como um dos principais polos produtivos nacionais. Manter tais posições de liderança exige visão de futuro. Portanto, com o propósito de fortalecer a posição do Paraná como produtor de alimentos inovadores e sustentáveis, surgiu, em 2023, o Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação (NAPI) em Proteínas Alternativas. Ele articula uma rede multidisciplinar de pesquisadores com o objetivo de consolidar as bases tecnológicas e sociais para o desenvolvimento de uma indústria alimentícia no estado.



As ações do NAPI Proteínas Alternativas estão alinhadas às políticas públicas do estado do Paraná e reforçam o seu compromisso com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Organização das Nações Unidas (ONU). Ao contribuir para a estruturação de uma nova indústria de alimentos com identidade própria e raízes paranaenses, o arranjo visa fortalecer a autonomia científica, tecnológica e social do estado, diversificar a matriz produtiva e posicionar o Paraná na vanguarda dos novos sistemas alimentares.

O objetivo deste capítulo foi registrar a motivação e a história do NAPI Proteínas Alternativas, apresentando os seus resultados até o momento, permeados por uma reflexão sobre os seus potenciais benefícios para as sociedades paranaense, brasileira e global, uma vez que os trabalhos contribuem para o alcance de vários ODS.



## 2 POR QUE E COMO SURTIU O NAPI PROTEÍNAS ALTERNATIVAS?

A motivação que inspirou a proposta do NAPI Proteínas Alternativas é constituída de duas preocupações centrais: as severas e crescentes questões associadas à produção animal intensiva; e a percepção de novos sistemas alimentares aparecendo no horizonte, com poder disruptivo, e suas consequências sociais e econômicas para o estado.

Assim, o arranjo reconhece que o engajamento com novos sistemas alimentares é o caminho para colher seus benefícios (Silva *et al.*, 2022). O NAPI Proteínas Alternativas busca contribuir para o estabelecimento de um ecossistema de inovação no qual universidade, governo, empresas e sociedade civil interajam para gerar conhecimento aplicável e relevante. Inspirado nos modelos de ecossistemas empreendedores (Isenberg, 2010), o arranjo busca criar as condições para o florescimento de um

novo setor econômico, com base nos benefícios registrados na literatura científica. Comparações entre carne cultivada e a produção convencional apontam para reduções no uso de água e solo, bem como nas emissões de gases de efeito estufa (Tuomisto; Mattos, 2011). Paralelamente, estudos sobre aceitação do consumidor indicam receptividade, de maneira especial entre jovens urbanos e escolarizados (Mendes *et al.*, 2025).

Por fim, a concepção do NAPI Proteínas Alternativas foi influenciada por experiências internacionais que revelam a importância da atuação articulada entre ciência, mercado e políticas públicas. Modelos consolidados em países como Alemanha, Países Baixos, Israel, Singapura e Estados Unidos, onde foram criados centros de excelência, linhas de fomento específicas e legislações adaptadas, ofereceram pistas importantes. Dessa forma, mediante o conhecimento científico, uma visão ampla de contexto estadual, nacional e mundial e a sensibilidade do governo do estado do Paraná, o grupo de pesquisadores proponentes vem modificando a realidade paranaense, que tem atualmente características pioneiras em termos de novos sistemas alimentares.

A história do NAPI Proteínas Alternativas tem na sua base a perseverança. Quando o formato preliminar da proposta que viria a constituir o NAPI Proteínas Alternativas foi submetido pela primeira vez para financiamento, o ano era 2019 e o contexto era uma chamada de agência de fomento nacional. A proposta não foi contemplada, sendo qualificada como *alheia aos objetivos da chamada a respeito da aplicabilidade imediata ao setor agropecuário*. Contudo, o grupo de pesquisadores tinha um propósito firme, alicerçado no sonho de um sistema alimentar mais justo. Assim, houve submissões intermediárias sem sucesso até atingir a sensibilidade dos avaliadores da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, e a aprovação ocorreu no ano de 2023, no âmbito da estratégia de fomento à inovação organizada como Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação.

A aprovação do NAPI Proteínas Alternativas inaugurou então uma caminhada rumo à estruturação dos laboratórios e à formação de parcerias e de recursos humanos para promover um ecossistema no estado capaz de estudar, ensinar e fazer extensão acerca dos novos sistemas



alimentares constituídos para a produção de proteínas alternativas ao uso de animais para produção de alimentos. Além das atividades de cunho mais acadêmico, o NAPI Proteínas Alternativas desenvolve metas associadas ao apoio para a iniciativa privada, favorecendo o estabelecimento de empresas e associações por intermédio das novas biotecnologias para a produção de alimentos. Tais sistemas alimentares são pautados na busca por aumento da segurança alimentar, sustentabilidade ambiental, inclusão social, ética animal e menores riscos à saúde pública.

O processo de planejamento do NAPI Proteínas Alternativas envolveu a identificação de competências existentes nas universidades paranaenses e a definição de eixos estratégicos de atuação. Com isso, as metas foram organizadas de forma complementar, contemplando desde o desenvolvimento de linhagens celulares para carne cultivada e a prospecção de insumos para os meios de cultivo até estudos de aceitação do consumidor, impacto social e análises de viabilidade econômica e regulatória. Na fase de execução, foram priorizadas ações estruturantes, como a criação de uma rede estadual de laboratórios multiusuários dedicados à pesquisa de proteínas alternativas.

O NAPI Proteínas Alternativas nasceu com seis grupos de pesquisa formalmente integrados: quatro na Universidade Federal do Paraná (UFPR), um na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) e um na Universidade Estadual de Maringá (UEM). Os grupos atuam de modo articulado, compartilhando infraestrutura, protocolos, insumos e competências técnicas, garantindo, com isso, mais agilidade e eficiência à execução dos projetos.



---

### 3 RESULTADOS E IMPACTOS

De acordo com diferentes públicos consultados, as ações desenvolvidas pelo NAPI Proteínas Alternativas podem contribuir de maneira direta para nove dos 17 ODS, refletindo seu compromisso com uma transição alimentar justa, sustentável e inovadora. O arranjo atua na promoção da

segurança alimentar (ODS 2), na promoção de saúde e bem-estar (ODS 3), no manejo mais eficiente da água (ODS 6), no crescimento econômico sustentável (ODS 8), no fortalecimento da infraestrutura científica e tecnológica (ODS 9), na promoção de consumo e produção responsáveis (ODS 12), na mitigação das mudanças climáticas (ODS 13), na redução da pressão sobre os ecossistemas aquáticos (ODS 14) e na proteção de áreas terrestres e da biodiversidade (ODS 15).

Ao integrar pesquisa, formação e aplicação prática em rede, o NAPI consolida uma estratégia de desenvolvimento alinhada aos desafios e às oportunidades da Agenda 2030. O número de parcerias e colaborações é crescente, com instituições nacionais e internacionais, a exemplo das universidades da Alemanha, Reino Unido, Austrália, Países Baixos e Estados Unidos, ampliando a visibilidade do arranjo, promovendo a troca de experiências com centros de referência global e gerando uma permeabilidade que alcança ciência e comércio. Foi também por meio das atividades do NAPI Proteínas Alternativas que as condições para a fundação da Associação Brasileira de Agricultura Celular (Cell Ag Brazil) se consolidaram, pavimentando, assim, um fórum nacional com permanente relação formal com associações similares de outros países. Por meio da Network of Cellular Agriculture (NCA), países de todos os continentes mantêm relações próximas para o desenvolvimento da agricultura celular global, e o Brasil está representado pela Cell Ag Brazil como membro ativo da NCA.

Alcançar os avanços audaciosos associados aos ODS mencionados parece mais viável ao se considerar em detalhes as contribuições de cada grupo de pesquisa participante do NAPI Proteínas Alternativas. Dos 32 objetivos específicos propostos originalmente para os primeiros três anos do NAPI Proteínas Alternativas, nos seus primeiros 26 meses, constatou-se que a maioria das metas vem sendo alcançada conforme o cronograma original ou antes do previsto. Ainda, entregas não previstas vêm sendo adicionadas ao rol de resultados até o momento.

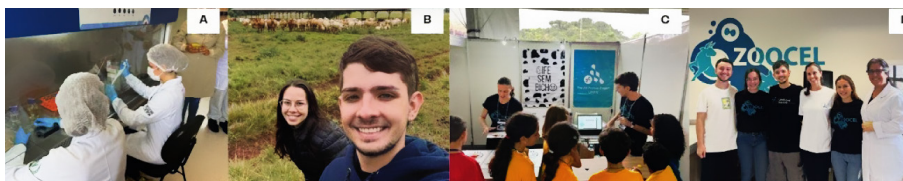


### 3.1 GRUPO DE PESQUISA DO SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Liderado pela professora Carla Forte Maiolino Molento, o grupo de pesquisa do Setor de Ciências Agrárias sedia a coordenação geral do NAPI Proteínas Alternativas, e seus resultados englobam atividades de ensino, pesquisa e extensão. As atividades estão centralizadas no Laboratório de Zootecnia Celular (Zoocel/UFPR), fundado oficialmente no ano de 2024, localizado no Centro de Inovações em Ciências Agrárias (Ciag) do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Do ponto de vista de ensino, houve a inserção da disciplina Introdução à Zootecnia Celular, ofertada em cinco edições, tanto na graduação em Medicina Veterinária e em Zootecnia quanto na pós-graduação em Ciências Veterinárias. Em 2025, iniciaram-se as aulas práticas (Figuras 1A e 1B). No campo da extensão universitária, por meio do Projeto Bife Sem Bicho (Figura 1C), vinculado ao Zoocel/UFPR, a equipe (Figura 1D) desenvolve atividades de educação, divulgação científica e engajamento comunitário, promovendo o debate sobre o futuro da alimentação e o papel das proteínas alternativas.



Figura 1 – Iniciativas do grupo de pesquisa do setor de ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR)



Fonte: Autoria própria.

Legenda: (A) primeira aula prática da disciplina Introdução à Zootecnia Celular, no Laboratório de Zootecnia Celular da UFPR, em maio de 2025; (B) coleta de material a campo na Fazenda Modelo — Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR), Ponta Grossa (PR); (C) evento de extensão no âmbito do Projeto Bife sem Bicho; (D) equipe do Laboratório de Zootecnia Celular, da esquerda para a direita: Vinicius Raab Ferreira, Juliana do Canto Olegário, Gabriel Mendes, Jennifer Cristina Biscarra Bellio, Gabriela Bussi de Oliveira e professora doutora Carla Forte Maiolino Molento.

A obtenção de células primárias por meio de raças de identidade paranaense é um resultado central para o arranjo, uma vez que consiste em um componente do seu objetivo geral. Esse objetivo foi atingido com a coleta de células de gado Purunã, mediante convênio com o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR, Figura 1C), e de células de porcos raça Moura, mediante parceria com o Projeto Porco Moura, coordenado pelo professor Marson Bruck Warpechowski, da UFPR. Atualmente, os trabalhos estão voltados à imortalização e à caracterização das células de ambas as espécies mantidas no Zoocel/UFPR. A pesquisa também envolve a comparação de células provenientes de diferentes tecidos animais, bem como uma variedade de ingredientes para o meio de cultivo, sendo a busca de substituição de insumos de origem animal uma prioridade.



---

### 3.2 GRUPO DE PESQUISA DA ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

154

A Escola de Administração da UFPR tem atuado no NAPI Proteínas Alternativas desde a sua concepção, sob a liderança de dois coordenadores. O professor Germano Glufke Reis esteve à frente das iniciativas até meados de 2025, quando a coordenação passou ao professor Rodrigo Luiz Moraes da Silva. As ações desenvolvidas pela Escola de Administração se concentram, em linhas gerais, na compreensão da cadeia de valor emergente, abrangendo desde os estágios iniciais da produção, com foco nas capacidades tecnológicas envolvidas, até os aspectos de mercado, como a aceitação do consumidor e as dinâmicas varejistas.

Ao longo do arranjo, importantes avanços foram alcançados, destacando-se a criação de um laboratório dedicado ao tema, o Sustainable Food Value Chains Lab (Figura 2A), coordenado pelo professor Germano, e a publicação de cerca de 15 artigos científicos sobre diversos aspectos relacionados a novos modelos de negócio, estratégias para inserção de novos produtos, perfil do consumidor, impactos para a sociedade, entre outros,

bem como a participação da edição do livro-texto sobre carne cultivada (Soccol *et al.*, 2024). Outro destaque das contribuições da equipe Escola de Administração (Figura 2B) são os estudos direcionados ao campo prático, entre os quais se destacam uma parceria com o GFI Brasil sobre o potencial brasileiro para produção de proteínas alternativas com base em fermentação, vários relatórios científicos (Figura 2C) e cursos e eventos de extensão realizados com a participação da comunidade externa (Figura 2D), incluindo empreendedores e pessoas ligados à indústria paranaense.

Figura 2 – Iniciativas do grupo de pesquisa da Escola de Administração da Universidade Federal do Paraná (UFPR)



Fonte: Autoria própria.

Legenda: (A) Logotipo do Sustainable Food Value Chains Lab, da UFPR; (B) coordenadores da Escola de Administração da UFPR: professor doutor Germano Glufke Reis e professor doutor Rodrigo Luiz Morais da Silva; (C) relatório científico; (D) disciplina de pós-graduação.

Atualmente, estudos estão em desenvolvimento sobre os potenciais impactos socioeconômicos das proteínas alternativas e as formas de mitigar as consequências negativas e dinamizar as oportunidades, atrelados, inclusive, a ecossistemas empreendedores. Também estão em desenvolvimento parcerias internacionais, submissões de novos projetos e artigos científicos.



### 3.3 GRUPO DE PESQUISA DO SETOR DE BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

As atividades do Grupo de Pesquisa UFPR Biotecnologia no âmbito do NAPI Proteínas Alternativas visam desenvolver a engenharia dos processos de produção de carne cultivada e de proteínas alternativas obtidas de biomassa microbiana, abordando aspectos técnicos e econômicos e a circularidade dos processos. O Grupo de Pesquisa UFPR Biotecnologia, liderado pelo professor Carlos Ricardo Soccol (Figura 3), desenvolve suas atividades no Centro de Biotecnologia Agroindustrial do Paraná (Cenbapar), localizado no prédio da Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia no Centro Politécnico da UFPR.



Figura 3 – Equipe de pesquisadores do setor de biotecnologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR)



Fonte: Autoria própria.

Legenda: professor doutor Carlos Ricardo Soccol, professora doutora Vanete Soccol, professora doutora Susan Karp, Giuliana Biagini, Maria Clara Manzoki, Igor Negreiros Piazenki, João Pedro Mânica Candelário e Ricardo Luiz Vieira.

A equipe selecionou e avaliou duas linhagens celulares de referência para carne cultivada e cinco linhagens fúngicas para fermentação de biomassa. Os pesquisadores também otimizaram a composição de um meio de cultivo livre de soro, registrado na patente BR102024011365-9, e desenvolveram meios utilizando insumos brasileiros. Além disso, a equipe produziu *scaffolds* por meio de subprodutos agrícolas nacionais, realizou testes em fermentador de 2 l para a produção de biomassa e planejou testes equivalentes para carne cultivada. Ainda, a equipe executou

experimentos em fermentador de 10 l, com recuperação do produto na produção de biomassa, e prevê realizar essa etapa para carne cultivada.

No campo da engenharia de processos, o grupo elaborou três projetos voltados à produção de carne cultivada e um projeto focado em proteína de biomassa fúngica, com a definição de parâmetros para produção em larga escala. Como resultado adicional, foi editado o livro *Cultivated meat: technologies, commercialization and challenges*, para a editora Springer (Soccol *et al.*, 2024). A obra apresenta 21 capítulos e aborda aspectos científicos, tecnológicos, técnico-econômicos, ambientais, regulatórios e mercadológicos da carne cultivada e teve contribuição de diversos pesquisadores brasileiros e estrangeiros, muitos deles integrantes do NAPI Proteínas Alternativas. Ainda, foram publicados seis artigos relacionados à carne cultivada e a proteínas alternativas em periódicos científicos.



---

### 3.4 GRUPO DE PESQUISA DE JANDAIA DO SUL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

As equipes do NAPI Proteínas Alternativas têm seus trabalhos interligados, como é o caso da equipe da UFPR Jandaia do Sul, sob a coordenação da professora Renata Bachin Mazzini Guedes, com as equipes da UEM e do Zoocel/UFPR.

As análises de plantas em busca de compostos de interesse são feitas de maneira semelhante para plantas comerciais e para os resíduos da agricultura convencional. Conforme os resultados das análises são verificados, os extratos vegetais com potencial são enviados à equipe do Zoocel/UFPR para testes como ingredientes em meios de cultura para células animais. Com os ganhos de infraestrutura proporcionados pelo arranjo, a UFPR Jandaia do Sul possui atualmente uma nova casa de vegetação para o cultivo direcionado de plantas de interesse aos novos sistemas alimentares, bem como equipamentos para o processamento de plantas para o preparo de amostras a serem avaliadas no Laboratório

Fenn de Espectrometria de Massas, também pertencente à UFPR Jandaia do Sul. Além disso, o Laboratório de Produção Vegetal vem sendo equipado para atuar na análise de alimentos, necessidade que surgiu durante o desenvolvimento do NAPI Proteínas Alternativas.

Desse modo, visando à substituição ou redução dos insumos de origem animal, foram avaliados, até o momento, o trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench, Polygonaceae), a aveia (*Avena sativa* L., Poaceae), a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), a ervilha (*Pisum sativum* L., Fabaceae) e a ervilha-forrageira (*Pisum sativum* cv. IAPAR 83), testando diferentes métodos de processamento do material vegetal: grão puro, malteação de sementes, hidrólise enzimática e brassagem. Para as espécies testadas, a malteação de sementes resultou no maior teor de proteína e quantidade de aminoácidos (Figuras 4A, 4B e 4C). Os testes dos extratos de tais materiais em meios de cultura para verificação da toxicidade e viabilidade se encontram em fase inicial no Zoocel/UFPR. Com material altamente proteico produzido, foram desenvolvidos uma farinha e um concentrado proteico (Figura 4D), ambos de ervilha, que atingiram  $21,6 \pm 0,3$  e  $71 \pm 1,5$  g 100 g<sup>-1</sup> de proteína respectivamente. Ações futuras do grupo de Jandaia do Sul envolvem o processamento e a análise de outras espécies vegetais, incluindo plantas nativas.



Figura 4 – Sementes malteadas



Fonte: Fotos de Renata Bachin Mazzini Guedes e Giorgia Cavazim Fiorin.

Legenda: (A) trigo-sarraceno (*Fagopyrum esculentum*), (B) aveia (*Avena sativa*); (C) ervilha (*Pisum sativum*); (D) concentrado proteico, seco e macerado em almofariz, de ervilha.

A equipe também atuou na meta de prospecção de parcerias, estabelecendo pesquisa conjunta com a professora Luciana de Oliveira Andrade, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas

Gerais, cuja equipe tem apresentado resultados promissores no cultivo celular para carne de frango. Assim, a nova parceria amplia o escopo do NAPI Proteínas Alternativas para incluir carne de frango.

### 3.5 GRUPO DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

O Grupo de Pesquisa em Alimentos Funcionais (GPAF), da UEM (Figuras 5A e 5B), liderado pela professora Paula Toshimi Matumoto Pinto, é o responsável pelo desenvolvimento de ingredientes e aditivos para o meio de cultura da carne cultivada e de produtos análogos de carne à base de plantas. O grupo busca novos ingredientes e aditivos em resíduos agrícolas e agroindustriais e também participa das atividades de trabalho realizadas pela professora Renata Guedes, do grupo UFPR Jandaia do Sul.



Figura 5 – Iniciativas do grupo de pesquisa da Universidade Estadual de Maringá (UEM)



Fonte: Autoria própria.

Legenda: A) Equipe de pesquisa em Alimentos Funcionais (GPAF) da UEM e produtos desenvolvidos – professora doutora Paula Toshimi Matumoto Pinto, Bianka Rocha Saraiva, Fernando Antônio Anjo, Luciana Alves da Silva, Jessyca Caroline Rocha Ribas, Marcia Maria dos Anjos Szczerepa, Anderson Lazzari, Renan Gustavo Rodrigues da Luz, Danieli Suzan Valério, Okelyton Ayres Pacheco, Sara Caroline Pinto de Almeida Santos e Henrique Rorato Freire; (B) hidrolisados proteicos; (C) hambúrguer vegetal.

A equipe desenvolveu ingredientes e aditivos para carne cultivada, utilizando como base o *trub*, resíduo da indústria cervejeira, que produziu um concentrado com 70% de proteínas. Com base nele, foram obtidas

duas versões hidrolisadas. Além disso, foi desenvolvido um ingrediente por meio do isolamento de proteínas de folhas de aspargo, resíduo agrícola com alto teor proteico (90%). Os ingredientes e aditivos estão em fase de testes no Zoocel/UFPR.

Paralelamente, o GPAF/UEM desenvolveu um hambúrguer vegetal usando resíduos agrícolas, que, no momento, está em fase de aperfeiçoamento referente à palatabilidade, à aparência e ao equilíbrio nutricional (Figura 5C). A equipe também vem trabalhando no desenvolvimento de miméticos de gordura para substituir a gordura animal em produtos alimentícios, empregando ingredientes e aditivos de origens vegetal e microbiológica.

No que diz respeito à infraestrutura, o GPAF/UEM adquiriu um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), em operação para separar, identificar e quantificar os componentes de misturas. Também foram adquiridos um espectrofotômetro ultravioleta e visível, voltado à identificação rápida de compostos bioativos e proteínas, atualmente em fase de instalação, e um homogeneizador de alta rotação, que se encontra em funcionamento.



---

### 3.6 GRUPO DE PESQUISA DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

A execução das atividades do grupo da PUC-PR tem se estruturado por meio de uma equipe multidisciplinar e colaborativa (Figura 6A) formada pela coordenadora professora Renata Ernlund Freitas de Macedo e pelos docentes Edvaldo Antonio Ribeiro Rosa e Leandro Batista Costa. A equipe conta com o suporte do Laboratório Experimental de Cultivo Celular, do Núcleo de Tecnologia Celular da PUC-PR. Além disso, destaca-se a implantação da Unidade para Produção e Análise de Alimentos Cultivados (UC FOOD) (Figura 6B), estruturada com recursos do NAPI. A unidade foi equipada com estufa de CO<sub>2</sub>, cabine de fluxo laminar, pipetas automáticas, centrífuga, autoclave e um texturômetro, essenciais para a

avaliação tecnológica de produtos à base de cultivo celular e híbridos de carne celular e elementos vegetais e fúngicos. Atualmente, os principais esforços estão voltados à padronização de protocolos para o transporte de tecido muscular suíno e o isolamento de células satélites.

No eixo acadêmico, estão envolvidos professores, pesquisadores e estudantes vinculados à PUC-PR. A interação com o setor produtivo ocorre por meio de parcerias com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Suínos e Aves, firmadas por intermédio de contrato institucional, e com um frigorífico regional, o qual tem viabilizado a coleta de amostras de tecido muscular suíno.

No eixo da sociedade civil, a equipe tem promovido ações de divulgação científica por meio de palestras e feiras realizadas em escolas públicas e eventos universitários, voltadas à apresentação do conceito e das perspectivas da carne cultivada com foco em sua aplicação alimentar. As atividades têm alcançado estudantes dos ensinos fundamental, médio e superior, tanto da rede pública quanto da rede privada, atingindo um público estimado em mais de 500 pessoas.

Em termos de produção científica e técnica, o projeto já resultou em dois capítulos de livros internacionais, um publicado (Soccol *et al.*, 2024) e outro aceito; dois artigos submetidos; participação institucional em fórum técnico internacional sobre segurança de carne cultivada; e estágio técnico internacional realizado por bolsistas em laboratório de referência (Universidade da Califórnia em Davis, nos Estados Unidos).

A implementação da UC FOOD na PUC-PR consolidou a infraestrutura necessária para a condução de experimentos com cultivo de células animais com finalidade alimentícia, superando barreiras iniciais relacionadas à viabilidade técnica, como o isolamento e a caracterização de células satélites suínas (Figuras 6C e 6D).



Figura 6 – Etapas e estrutura do cultivo celular aplicado à produção de carne cultivada na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR)



Fonte: Autoria própria.

Legenda: A) Equipe da PUC-PR; (B) nova unidade estruturada por meio do NAPI Proteínas Alternativas; (C) frascos de cultivo contendo células em meio de cultivo; (D) morfologia característica de células satélites suínas em monocamada em microscopia óptica.

---

## 4 O MILAGRE DA MULTIPLICAÇÃO

A visão de inovação do estado do Paraná oferece um exemplo da importância do investimento em pesquisa e inovação. Ao final dos três anos de projeto, estima-se que retornarão ao estado valores mais de duas vezes maiores que aquele inicialmente investido, de R\$ 5.700.000 (Quadro 1). O maior retorno é de difícil mensuração no curto prazo, referindo-se aos benefícios sociais em termos de melhorias educacionais e oportunidades de emprego nas diferentes etapas dos novos sistemas alimentares, com o aquecimento da economia paranaense por meio da participação da agricultura celular global, prevista para suprir uma parte significativa do mercado mundial de produtos alimentares de origem animal e seus análogos nas próximas décadas.



Quadro 1 – Recursos adicionais obtidos nos dois primeiros anos de execução do NAPI Proteínas Alternativas, em razão da estrutura disponível para pesquisa na área de proteínas alternativas

GRUPO DE PESQUISA	FONTE DE RECURSOS ADICIONAIS/TEMA DO PROJETO	VALOR APROXIMADO (R\$)
Zoocel/Ciências Agrárias/UFPR	Finep/prospecção de insumos	2.000.000
Zoocel/Ciências Agrárias/UFPR	Ministério do Meio Ambiente e Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná/co-lágeno de jumento por fermentação de precisão	500.000
Zoocel/Ciências Agrárias/UFPR	Capes, CNPq, Fundação Araucária e iniciativa privada/I Conferência Internacional Cell Ag Brazil e I Encontro NAPI Proteínas Alternativas	200.000
Escola de Administração/UFPR	Consórcio Europeu Seanergies e Fundação Araucária/carne celular de polvo	580.000*
Biotecnologia/UFPR	Good Food Institute Estados Unidos/meios de cultura de baixo custo para a produção de carne celular	1.500.000
Biotecnologia/UFPR	Good Food Institute Brasil/mapeamento de infraestrutura de fermentação aplicada a proteínas alternativas e centros de referência	130.000
Universidade Estadual de Maringá	Finep/novos ingredientes e proteínas funcionais provenientes de subprodutos agrícolas	2.500.000
Universidade Estadual de Maringá	CNPq/otimização da fermentação de subprodutos agrícolas e industriais	390.000
Universidade Estadual de Maringá	Ageuni (Seti/PR)/resíduo pós-colheita da fungicultura na produção de ingredientes sustentáveis e funcionais	600.000
Total em dois anos		8.400.000
Estimativa de captação ao final do projeto (captação média anual de R\$ 4.200.000)		12.600.000

Fonte: Autoria própria.

Nota \* Refere-se somente ao valor disponível para a equipe paranaense. A viabilização do projeto completo é orçada em milhões de euros; UFPR – Universidade Federal do Paraná; Zoocel – Laboratório de Zootecnia Celular; Finep – Financiadora de Estudos e Projetos; Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; Ageuni – Agência de Desenvolvimento Regional Sustentável; Seti/PR – Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná.



---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Entre os principais produtos e soluções entregues ou em desenvolvimento no âmbito do NAPI Proteínas Alternativas estão a manutenção das células das raças de identidade paranaense em laboratório, protótipos iniciais de carne cultivada, protocolos de isolamento e expansão de linhagens celulares, formulações experimentais de combinações vegetais para meios de cultivo, ementas curriculares para disciplinas de graduação e pós-graduação, artigos científicos, eventos científicos de caráter regional e internacional, uma oferta permanente de ações de extensão do conhecimento para a sociedade em geral, planos de negócio para empresas emergentes e um número crescente de parcerias nacionais e internacionais. Tais resultados demonstram a maturidade e a robustez do NAPI Proteínas Alternativas, assim como seu potencial de gerar ainda mais impacto econômico, social e ambiental para o estado do Paraná.

Em síntese, mesmo no início de sua fase final de execução, é possível afirmar que o objetivo principal do NAPI Proteínas Alternativas – o de fortalecer o Paraná como estado produtor de alimentos e torná-lo referência em agricultura celular – foi atingido. De fato, a liderança do Paraná na área é reconhecida por várias instituições no Brasil e nos países de vanguarda no que tange aos novos sistemas alimentares, com alguns dos quais foram estabelecidas parcerias pelos membros do NAPI Proteínas Alternativas.



---

## REFERÊNCIAS

ISENBERG, D. The big idea: How to start an entrepreneurial revolution. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 88, n. 6, p. 40-50, 2010.

MENDES, G. *et al.* How much do opinions regarding cultivated meat vary within the same country? The cases of São Paulo and Salvador, Brazil. **PLoS One**, [s. l.], v. 20, n. 2, e0317956, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317956>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0317956>. Acesso em: 1 set. 2025.

MORAIS-DA-SILVA, R. L. *et al.* The social impacts of a transition from conventional to cultivated and plant-based meats: evidence from Brazil. **Food Policy**, [s. l.], v. 111, 102337, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102337>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306919222001099>. Acesso em: 1 set. 2025.

SOCCOL, C. R. *et al.* **Cultivated meat**: technologies, commercialization and challenges. Cham: Springer, 2024.

TUOMISTO, H. L.; TEIXEIRA DE MATTOS, M. J. Environmental impacts of cultured meat production. **Environmental Science & Technology**, [s. l.], v. 45, n. 14, p. 6117-6123, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1021/es200130u>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es200130u>. Acesso em: 1 set. 2025.





---

# NAPI Taxonline, Rede Paranaense de Coleções Biológicas:

conservação da biodiversidade e aplicações tecnológicas

166

---

Luciane Marinoni<sup>1</sup>  
Carla Simone Pavanelli<sup>2</sup>  
Vânia Aparecida Vicente<sup>3</sup>  
Ana Caroline Lima<sup>4</sup>  
Isaac Reis Jorge<sup>5</sup>

- 
- 1 UFPR - Curitiba; [luciane.marinoni@gmail.com](mailto:luciane.marinoni@gmail.com)
  - 2 UEM - Maringá; [carlasp@nupelia.uem.br](mailto:carlasp@nupelia.uem.br)
  - 3 UFPR - Curitiba; [vaniava63@gmail.com](mailto:vaniava63@gmail.com)
  - 4 UFPR - Curitiba; [analima02@gmail.com](mailto:analima02@gmail.com)
  - 5 UFPR - Curitiba; [isaacrjorge@gmail.com](mailto:isaacrjorge@gmail.com)

## Resumo

As coleções biológicas científicas são repositórios de organismos vivos ou preservados, de valor inestimável, associados a dados biológicos e geográficos, e desempenham papel fundamental na preservação do conhecimento sobre biodiversidade, especialmente em regiões em rápida degradação ambiental. No Brasil, essas coleções registram décadas de informações sobre a distribuição das espécies no tempo e no espaço, imprescindíveis para compreender transformações ecológicas, mudanças climáticas, zoonoses e pandemias, além de subsidiar o planejamento para a conservação do patrimônio genético. São indispensáveis para o avanço científico e para a inovação tecnológica em setores como saúde, agricultura, meio ambiente e indústria. A Rede Paranaense de Coleções Biológicas - Taxonline, fundada em 2005, impulsionou a cooperação institucional e ampliou o acesso a dados sobre seu acervo científico. Seu reconhecimento pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, em 2020, resultou na criação do NAPI Taxonline, o primeiro do estado, promovendo a expansão do projeto. Inicialmente, com três instituições e nove coleções, hoje em dia a rede integra 64 coleções (herbários, microbiológicas e zoológicas) distribuídas em 14 instituições públicas municipais, estaduais e federais, além de uma privada. A formação de um novo arranjo de pesquisa e inovação para a consolidação das coleções biológicas como centros de estudo da conservação da biodiversidade e de suas aplicações tecnológicas possibilita inter-relacionar coleções biológicas estruturadas e de competência reconhecida. Entre os objetivos, destacam-se o reconhecimento e a descrição de novas espécies na natureza, a preservação e oferta de materiais biológicos com informações confiáveis, além da validação e disponibilização dos dados em sistemas de acesso aberto na internet.

**Palavras-chave:** acervo; acesso aberto; integração.

## Abstract

Scientific biological collections are repositories of living or preserved organisms, of inestimable value, associated with biological and geographic data, and play a fundamental role in preserving knowledge about biodiversity, especially in regions undergoing rapid environmental degradation. In Brazil, these collections document decades of information on the distribution of species over time and space, which is crucial for understanding ecological transformations, climate change, zoonoses, and pandemics, as well as supporting planning for the conservation of genetic heritage. They are indispensable for scientific advancement and



technological innovation in sectors such as health, agriculture, environment, and industry. The Network of Biological Collections in Paraná (Taxonline), founded in 2005, promoted institutional cooperation and increased access to data about its scientific collections. In 2020, its recognition by Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná resulted in the creation of NAPI Taxonline, the first in the state, promoting the expansion of the project. Initially with three institutions and nine collections, the network currently integrates 64 collections (herbaria, microbiological, and zoological) distributed across 14 public institutions at the municipal, state, and federal levels, as well as one private institution. The formation of a new research and innovation arrangement for consolidating biological collections as centers for studying biodiversity conservation and their technological applications makes it possible to interrelate structured biological collections with recognized expertise. Among the objectives, noteworthy are the recognition and description of new species in nature, the preservation and provision of biological materials with reliable information, besides the validation and availability of data in open-access systems on the internet.

**Keywords:** archive; integration; open access.



## 1 INTRODUÇÃO

A Rede Paranaense de Coleções Biológicas - Taxonline foi estabelecida em dezembro de 2005, na estrutura de ciência, tecnologia e inovações do estado do Paraná, com o objetivo principal de consolidar as coleções biológicas como centros de estudo da conservação da biodiversidade. Inicialmente, era constituída de coleções botânicas (herbários) e coleções zoológicas. Em 2013, passou a agregar também as coleções microbiológicas, resultando na estruturação do Centro de Coleções Microbiológicas da Rede Paranaense (CMRP)/Taxonline. Esse centro caracteriza-se pela união de diferentes coleções microbiológicas do estado sob protocolos operacionais unificados de biossegurança e gestão.

Em 2017, graças ao trabalho dos pesquisadores e curadores da rede, foi publicada a única legislação existente no Brasil para coleções

biológicas, a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente n.º 101/2017. É importante ressaltar que o Paraná é o único estado brasileiro com legislação específica dedicada às coleções biológicas científicas, estabelecendo diretrizes para seu reconhecimento formal e apoio institucional. Esse arcabouço legal exemplifica o impacto e a visibilidade mais amplos que a rede alcançou e reforça o valor da coordenação regional.

Em 2020, com o reconhecimento de sua importância pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, a Rede Taxonline passou a constituir um Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação (NAPI) do Paraná, o NAPI Taxonline, sendo o primeiro do estado. Desde sua instalação, houve uma ampliação significativa dos objetivos e das metas com a inclusão de acervos, proporcionando sua consolidação. Atualmente, esse NAPI reúne 64 coleções biológicas (herbários, microbiológicas e zoológicas) procedentes de 15 instituições de quase todos os ecossistemas regionais de inovação do estado (exceto Norte Pioneiro) que têm cooperação e oferecem serviços a várias instituições nacionais e internacionais (Tabela 1, Figura 1).



Tabela 1 – Instituições integrantes do NAPI Taxonline e número de coleções (continua)

INSTITUIÇÃO	HERBÁRIOS	MICROBIOLÓGICAS	ZOOLÓGICAS	TOTAL
Embrapa Floresta	1		1	2
Embrapa Soja		3		3
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR)		1		1
Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR)	1			1
Museu Botânico Gerdt Hatschbach (Prefeitura de Curitiba)	1			1
Museu de História Natural Capão da Imbuia (Prefeitura de Curitiba)			7	7
Universidade Estadual de Londrina (UEL)	2	1	3	6
Universidade Estadual de Maringá (UEM)	2	1	1	4
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)	1		2	3

(conclusão)

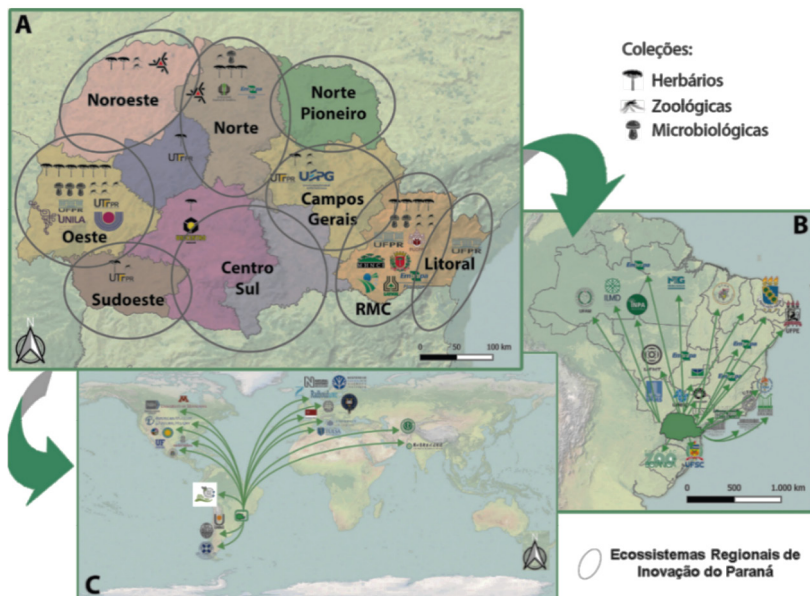
Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro)	1			1
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)	2	2		4
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)	1		1	2
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila)	1	1	3	5
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	2	1	15	18
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)	3	1	2	6
Total	18	11	35	64

Fonte: Autoria própria.

Legenda: Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.



Figura 1 – Abrangência do NAPI Taxonline. (A) atuação nos diferentes ecossistemas regionais do Paraná; (B) parcerias com diferentes instituições brasileiras; (C) parcerias com instituições internacionais



Fonte: Autoria própria.

O NAPI Taxonline contribui de maneira significativa para as áreas transversais de transformação digital e desenvolvimento sustentável, estando direta ou indiretamente ligado às demandas de todas as áreas prioritárias do estado, definidas pelo Conselho de Ciência e Tecnologia. As principais áreas de atuação incluem: agricultura e agronegócios, biotecnologia e saúde, sociedade, educação e economia. A rede adere ao Plano de Governo do Estado, relacionando-se estreitamente com suas macrodiretrizes, pois promove e impulsiona o desenvolvimento integral do estado; desenvolve um ambiente de inovação reconhecido em âmbitos nacional e internacional como um dos melhores para a criação de riqueza e bem-estar na América Latina; e constitui um sistema estadual de inovação, pelo reconhecimento, protagonismo e integração de atores e ativos, valorizando as identidades regionais.

Os objetivos do NAPI Taxonline são:

- a) modernizar e adequar a infraestrutura para garantir o incremento e a perpetuação das coleções biológicas;
- b) melhorar e ampliar as atividades de rotina interna das coleções;
- c) identificar e reconhecer todo o material científico depositado nas coleções há décadas;
- d) informatizar os dados contidos nos acervos, disponibilizando-os via internet, incluindo fotos digitalizadas;
- e) manter backups das informações dos espécimes;
- f) planejar, organizar e oferecer cursos para curadores, técnicos e estudantes;
- g) contribuir para o conhecimento da biodiversidade neotropical, reconhecendo e descrevendo espécies novas para a ciência;
- h) manter microrganismos de interesse clínico e industrial;
- i) bioprospectar microrganismos e substâncias produzidas por eles;
- j) estabelecer um plano de negócio para as coleções do NAPI Taxonline, visando à conservação, ao acesso e à comercialização de microrganismos de interesse biotecnológico.



---

## 2 DESENVOLVIMENTO

O NAPI Taxonline conta atualmente com 64 coleções biológicas (herbários, coleções microbiológicas e zoológicas), distribuídas em 15 instituições nos níveis municipal, estadual, federal e privado. Sua formação, em 2020, possibilitou agrupar e inter-relacionar instituições com coleções biológicas estruturadas e de competência reconhecida, visando reconhecer novas espécies da natureza e preservar e oferecer materiais biológicos com informações confiáveis e de qualidade.

Quase todas as coleções estão abrigadas em instituições públicas, a maioria alocada em universidades: cinco estaduais e quatro federais (Tabela 1). Duas universidades federais — a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) — possuem coleções em vários *campi* em todo o estado. Além das universidades, há coleções na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Florestas, na Embrapa Soja e no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR). Fazem parte também o Museu de História Natural Capão da Imbuia e o Museu de Ciências Naturais da UFPR. A única coleção privada é o herbário da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

As três maiores coleções do estado são: a Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure, do Departamento de Zoologia da UFPR – terceira maior do Brasil –, o herbário do Museu Botânico Gerdt Hatschbach, de Curitiba, e a Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM). As duas primeiras são localizadas em Curitiba, e a terceira em Maringá.

De forma geral, o NAPI Taxonline conta hoje com 70 curadores e aproximadamente 200 pesquisadores e bolsistas em todo o Paraná, distribuídos entre as instituições. Cada instituição contém um coordenador, que auxilia na organização interna relacionada às demandas do NAPI.

O CMRP/Taxonline é constituído de coleções microbiológicas de quatro instituições (UFPR, UEM, UTFPR e Universidade Estadual de Londrina – UEL) e atua como repositório de coleções acadêmicas e de pesquisa do



estado e de diversas instituições de outras regiões brasileiras, prestando serviços de conservação de linhagens de origem clínica e ambiental (tipos e referências) de bactérias, fungos filamentosos e leveduras.

O NAPI Taxonline tem importante atuação na educação. Suas coleções estão diretamente associadas a pelo menos 40 programas de pós-graduação das áreas biodiversidade, ciências biológicas I, II e III e biotecnologia da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), procedentes das diferentes instituições, dando suporte e recebendo material biológico de dissertações e teses para depósito, além de manterem cooperação com um grande número de instituições nacionais e internacionais (Figura 1). Ademais, em 2023, foi concretizada uma relevante parceria com o NAPI Paraná Faz Ciência, com o objetivo de gerar interação entre a universidade e a educação básica por meio da educação científica e ciência cidadã, com a criação, aplicação e disponibilização de protocolos científicos sobre a classificação, as características e a correta identificação das ordens mais representativas de insetos.

Assim, firmando seu compromisso com o ensino e a educação do estado, ao longo do período de desenvolvimento do projeto, têm sido oferecidos workshops e cursos para a formação de recursos humanos especializados em gerenciamento e curadoria de coleções biológicas para as áreas acadêmicas e aplicada aos diversos setores da sociedade.

---

## 2.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As coleções científicas desempenham um papel fundamental para a conservação da biodiversidade, preservando amostras representativas de espécies *ex situ* e fornecendo informações sobre sua distribuição no tempo e no espaço. Com essas informações, é possível criar modelos de distribuição de espécies, realizar avaliações de impacto e monitoramento ambiental, promover a conservação e a gestão de áreas degradadas e a restauração ecológica,



desenvolver planos de manejo para espécies ameaçadas e espécies exóticas invasoras, entre outros vários benefícios (Marinoni; Basilio; Gaspar, 2024).

Um exemplo prático que demonstra a relevância das coleções e sua contribuição direta para o bem-estar da comunidade é a identificação das espécies da fauna e flora presentes nas unidades de conservação e nos mananciais dos municípios, permitindo-lhes reivindicar o repasse do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) Ecológico e aplicá-lo conforme suas prioridades. Dessa maneira, o NAPI Taxonline contribui indiretamente para todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e diretamente com nove deles, listados a seguir:

- a) ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável): por meio de estudos relacionados a espécies pragas de cultivares e seu controle biológico, pesquisas de melhoramento da qualidade de alimentos (vegetais, grãos) e de alternativas biológicas, como simbioses benéficas à produção agrícola, que evitam a utilização de fertilizantes químicos e favorecem a produção agrícola sustentável, e monitoramento de mudanças climáticas e na composição dos solos;
- b) ODS 3 (Saúde e Bem-Estar): nas pesquisas e no monitoramento de microrganismos responsáveis por epidemias como a covid-19, na identificação, monitoramento e controle de patógenos e insetos vetores de doenças, (como febre amarela, dengue e chikungunya), além de atuar no combate à resistência microbiana e no desenvolvimento de biotecnologias aplicadas à saúde;
- c) ODS 4 (Educação de Qualidade): no desenvolvimento de atividades de educação ambiental pelas instituições integrantes do NAPI, preparadas para receber visitas da comunidade e de escolas públicas e privadas, promovendo uma educação mais dinâmica e acessível sobre a biodiversidade e atuando como recurso didático e científico para a formação em biologia, ecologia, taxonomia, saúde e áreas correlatas;
- d) ODS 6 (Água Potável e Saneamento): por meio de serviços de monitoramento microbiológico da rede de saneamento básico, da definição de espécies potencialmente indicadoras de qualidade de água e do desenvolvimento de biotecnologias aplicadas a boas condições sanitárias;



- e) ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura): pela geração de patentes e produtos no desenvolvimento de processos produtivos de potencial industrial e tecnológico e pela digitalização, informatização e interoperabilidade dos dados biológicos, catalisando a inovação científica e promovendo a ciência aberta e o avanço tecnológico;
- f) ODS 13, 14 e 15 (Ação contra a Mudança Global do Clima, Vida na Água e Vida Terrestre): mediante o armazenamento de dados biológicos, históricos e biogeográficos fundamentais para o estudo, monitoramento e conservação da vida marinha e continental e a elaboração de estratégias de combate às mudanças climáticas e formulação de políticas ambientais;
- g) ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação): as redes de coleções são, por definição, colaborativas, envolvendo diferentes instituições e promovendo a cooperação.

O NAPI Taxonline promove a troca de saberes entre instituições de ensino e pesquisa e instituições privadas brasileiras e estrangeiras, sobretudo no estado do Paraná. Hoje em dia, trabalha diretamente com o NAPI Paraná Faz Ciência e está em fase de construção de um projeto em cooperação com o NAPI Biodiversidade, o NAPI Águas e o NAPI Mudanças Climáticas.

---

### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

Nos últimos anos, a digitalização transformou significativamente o acesso a dados das coleções pelos pesquisadores e a utilização deles. Iniciativas de digitalização em larga escala melhoraram de modo substancial a acessibilidade, disponibilizando imagens de espécimes e dados de rótulos e etiquetas por meio de plataformas on-line (Meineke *et al.*, 2018).

As coleções biológicas que hoje constituem o NAPI Taxonline abraçaram essa transformação, iniciando seu processo de digitalização em



2005 e contribuindo com dados para plataformas digitais como o projeto *speciesLink* (Figura 2). Até janeiro de 2023, as coleções disponibilizaram, no formato gratuito e on-line, 1.213.208 registros. É importante destacar que os dados disponíveis incluem espécimes coletados não apenas no Paraná ou no Brasil, mas também em outras regiões do globo. As coleções ligadas ao Taxonline abrangem 156 países e regiões autônomas até Sibéria, Alasca, Zâmbia, Ruanda e Nova Zelândia. O Brasil é o país mais amostrado, com mais de um milhão de registros. A Argentina vem na sequência, com 15.320 registros, seguida pelo México, com 9.972, pelos Estados Unidos, com 9.822, e Peru, com 5.708. Os principais países representados fora das Américas são Áustria (2.761 registros), França (2.491 registros), Austrália (2.345 registros) e China (2.306 registros). Outras localidades relevantes, como as Ilhas Galápagos, a Antártida, o Havá e as Ilhas Atlânticas, também estão representadas.



Figura 2 – Principais etapas de disponibilização das informações dos exemplares dos acervos das coleções botânicas, microbiológicas e zoológicas, via internet, em sistemas de acesso aberto



Fonte: Autoria própria.

Além disso, o NAPI Taxonline contribui há vários anos com dados para o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR) e para o Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (Figura 2). As estatísticas de uso do SiBBR evidenciam a relevância e o impacto social desses dados digitalizados sobre biodiversidade. Até maio de 2025, o SiBBR tinha registrado 1.193 downloads, envolvendo a transferência de 10.443.431 registros. A pesquisa científica tem sido o principal objetivo do uso desses dados, representando 3.396.871 registros em 468 eventos. Em seguida, a pesquisa ecológica envolveu 1.282.725 registros baixados em 92 eventos, enquanto o uso educacional abrangeu 1.085.638 registros em 113 eventos.

A modelagem de distribuição de espécies foi responsável por 1.000.925 registros em 149 eventos, e as avaliações de impacto e monitoramento ambiental envolveram 870.446 registros de 100 eventos. Outros usos incluíram ciência cidadã (343.748 registros, 15 eventos), conservação e gestão (223.196 registros, 66 eventos) e restauração ecológica (151.864 registros, seis eventos). É curioso observar que a taxonomia, tradicionalmente o foco central das coleções biológicas, constituiu uma parcela pequena dos downloads, com 81.177 registros recuperados para esse fim.

Um dos principais focos das coleções biológicas são a pesquisa e documentação da biodiversidade, incluindo a descrição de novas espécies. Em apenas quatro anos (2020–2023), pesquisadores associados ao NAPI publicaram mais de 400 artigos científicos, sete livros e 22 capítulos de livro, resultando na descrição de cerca de 230 novas espécies em vários grupos taxonômicos: insetos (104), plantas (56), anelídeos (19), peixes (15), ascídias (14), bactérias (10) e fungos (9), destacando o ritmo notável de descobertas taxonômicas associadas ao Taxonline. A produção científica apoiada por coleções biológicas é um investimento que gera retornos significativos para a sociedade. Nesse mesmo período, foram digitalizadas 4.645 fotos de besouros (Cerambycidae — besouros corta-pau), disponibilizadas gratuitamente no site Repositório Professor Renato C. Marinoni.

As coleções biológicas também fornecem dados essenciais para a manutenção e expansão de reservas naturais. Essas reservas protegem a flora e a fauna e permitem a implementação de políticas públicas como o ICMS Ecológico, que transfere recursos financeiros aos municípios que mantêm unidades de conservação ou mananciais utilizados por regiões vizinhas. Essa política beneficia tanto o nível municipal, com aproximadamente 65% dos recursos destinados a áreas prioritárias como saúde e educação, quanto a pesquisa científica e educação.

Além disso, o NAPI Taxonline desempenha papel ativo na conscientização pública sobre o valor das coleções biológicas e sua relevância para a sociedade e biodiversidade global. São implementadas estratégias de divulgação para promover essa conexão. Grupos de escolas públicas e privadas visitam os museus participantes e, em alguns casos, têm acesso controlado às coleções. Essas visitas proporcionam oportunidades de aprendizagem



sobre o trabalho realizado com espécimes biológicos e a importância de sua documentação e preservação. Espécimes sem metadados precisos são reutilizados como materiais didáticos para escolas de ensino fundamental e médio, aprimorando experiências de aprendizagem prática e fortalecendo a conexão dos alunos com o mundo natural. A rede desenvolveu guias de trabalho de campo e livretos educativos para promover atividades ao ar livre e a conscientização sobre biodiversidade em âmbito local (Sedor, 2014; Absher; Ferreira Junior; Christo, 2015; Meijer; Disaró, 2018; Absher; Ferreira Junior; Christo, 2020).

As coleções da rede ainda participam de eventos de extensão em diferentes cidades do Paraná, contribuindo para a conscientização pública sobre o valor das coleções, bem como para a socialização do conhecimento gerado.

A promoção da ciência cidadã também é uma via importante para conectar o público à ciência. O NAPI Taxonline começou a explorar essa abordagem com o projeto *Observando e identificando insetos*, sua primeira iniciativa formal nessa área (Pereira *et al.*, 2024). Projetado para incentivar a participação pública no monitoramento da biodiversidade, o projeto serve de modelo para futuras iniciativas envolvendo outros grupos taxonômicos. Por meio desses esforços, a rede visa fortalecer a comunicação científica e aumentar o engajamento público com o conhecimento gerado pelas coleções biológicas.

O NAPI igualmente apoia a educação formal e informal por meio de oportunidades de capacitação profissional. Organiza cursos de curta duração para professores, auxiliando-os na integração entre ferramentas científicas e materiais baseados em coleções e as salas de aula, bem como workshops para pesquisadores e curadores com foco em taxonomia, biossegurança, digitalização e gestão de coleções. Essas iniciativas promovem a capacitação e garantem a relevância contínua das coleções biológicas na pesquisa e no ensino.

Uma das contribuições mais significativas da rede provém de suas coleções microbiológicas, particularmente por intermédio do CMRP/Taxonline. Com o crescente papel dos microrganismos em diversos setores, desde saúde e agricultura até sustentabilidade ambiental e processos industriais, o CMRP/Taxonline consolidou-se como um centro de referência para a preservação e distribuição de materiais microbianos e



biológicos. Ele apoia pesquisas básicas e aplicadas, oferecendo serviços de depósito confidenciais e disponibilizando cepas microbianas, células de mamíferos e plasmídeos, que contribuem diretamente para o avanço tecnológico e a inovação científica e industrial.

Um exemplo relevante da contribuição do NAPI Taxonline para a saúde foi seu apoio ao programa nacional de vigilância de águas residuais de várias regiões do país durante a pandemia de covid-19, coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil. Pelo CMRP/Taxonline, o NAPI auxiliou no monitoramento do Sars-CoV-2, analisando cargas virais em amostras de águas residuais de Curitiba e região metropolitana, ressaltando o valor estratégico das coleções e infraestrutura microbiológica no suporte a sistemas de detecção precoce e intervenções de saúde pública em crises sanitárias.



## 4 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Ao longo de 20 anos de trajetória, a Rede Taxonline alcançou o reconhecimento da importância das coleções biológicas para a ciência e para a sociedade, consolidando o NAPI Taxonline. Esse reconhecimento pelo governo estadual e pelas instituições envolvidas resultou em um apoio sem precedentes. Coleções que anteriormente operavam com recursos mínimos passaram a receber financiamento para infraestrutura, materiais de laboratório e pessoal.

Esses avanços indicam que a trajetória da Rede Taxonline tem sido eficaz e deve ser mantida, no entanto as coleções biológicas ainda dependem fortemente de mecanismos de financiamento não permanentes, exigindo esforços de seus curadores para a obtenção desses recursos. A sustentabilidade em longo prazo exige que a responsabilidade pela manutenção dessas coleções seja assumida pelas próprias instituições. Como

repositórios insubstituíveis da biodiversidade e parte de herança natural global, as coleções biológicas devem ser preservadas indefinidamente, sobretudo por instituições públicas, como questão de política e compromisso institucional.

Os objetivos do NAPI Taxonline permanecem alinhados com sua missão original, definida na fundação da Rede Paranaense de Coleções Biológicas. Isso inclui a manutenção e atualização do inventário diagnóstico das coleções do Paraná; expansão da digitalização e compartilhamento de dados por meio de plataformas como *speciesLink*, SiBBR e GBIF; garantia de fornecimento consistente de materiais de consumo e ferramentas curatoriais; integração de novas coleções à rede; realização de cursos de capacitação; qualificação dos acervos; e aprimoramento da infraestrutura física e da segurança das coleções existentes, garantindo condições modernas e estáveis que facilitem a pesquisa e o acesso público.

A visão de futuro se estende para além do Paraná. O sucesso do NAPI Taxonline oferece um modelo que pode ser adaptado a outras regiões do Brasil. Ao continuar promovendo a cooperação, digitalização e investimento institucional, busca-se fortalecer a sustentabilidade em longo prazo das coleções biológicas, garantindo sua integração a ciência, educação e políticas públicas e a conservação da biodiversidade para as gerações futuras. É o Paraná levando sua expertise e servindo de exemplo para o Brasil e para o mundo.



---

## REFERÊNCIAS

ABSHER, Theresinha Monteiro; FERREIRA JUNIOR, Augusto Luiz; CHRISTO, Susete Wambier. **Conchas de moluscos marinhos do Paraná**. Rio de Janeiro: Museu de Ciências Naturais, 2015. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/45943>. Acesso em: 5 ago. 2025.

ABSHER, Theresinha Monteiro; FERREIRA JUNIOR, Augusto Luiz; CHRISTO, Susete Wambier. **Conchas de moluscos marinhos do Paraná**: bivalves e gastrópodes. 2. ed.

Rio de Janeiro: Museu de Ciências Naturais, 2020. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/67105>. Acesso em: 5 ago. 2025.

MARINONI, Luciane; BASÍLIO, Daniel Silva; GASPER, André Luís. **Coleções biológicas científicas brasileiras**: diagnóstico, prioridades e recomendações. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2024. DOI: <https://books.scielo.org/id/5d8tg>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198715000823>. Acesso em: 1 set. 2025.

MEIJER, André August Remi; DISARÓ, Sibelle Trevisan. **Aves estuarinas do Paraná**. Curitiba: Museu de Ciências Naturais, 2018. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/54947>. Acesso em: 5 ago. 2025.

MEINEKE, Emily *et al.* Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, [s. l.], v. 374, n. 1763, 20170386. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0386>. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2017.0386>. Acesso em: 1 set. 2025.

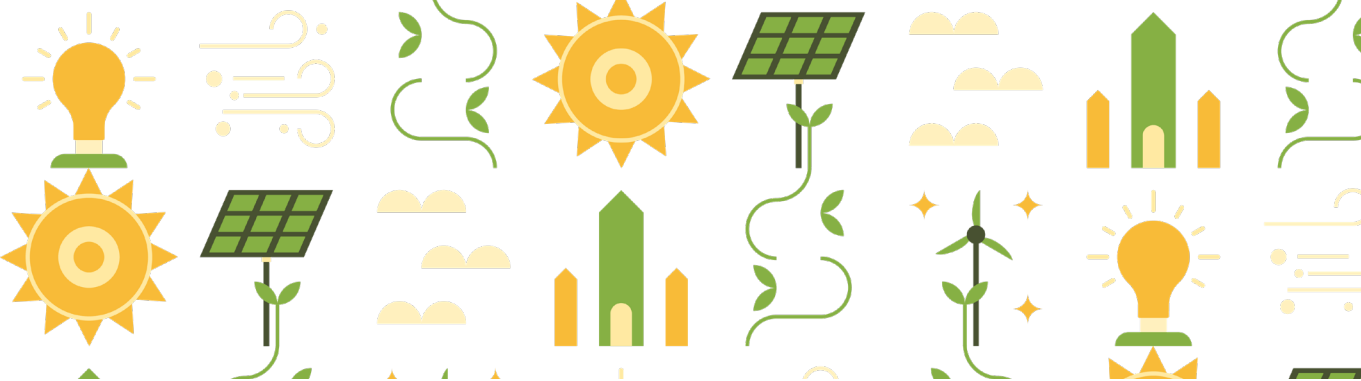
PEREIRA, Cristiano Marcondes *et al.* **Observando e identificando insetos**: guia de campo. Curitiba: Picce, 2023.

SEDOR, Fernando Antônio. **Fósseis do Paraná**. Curitiba: Museu de Ciências Naturais, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/45931>. Acesso em: 5 ago. 2025.



# Ecossistema de Inovação: Energias Renováveis





---

# NAPI Emergência Climática

Francisco de Assis Mendonça<sup>1</sup>  
Eloy Fassi Casagrande Júnior<sup>2</sup>  
Gilson Campos Ferreira da Cruz<sup>3</sup>  
Ricardo Henrique Moreton Godoi<sup>4</sup>  
Reginaldo Ré<sup>5</sup>  
Luiz Fernando Esser<sup>6</sup>  
Luciene Pimentel da Silva<sup>7</sup>  
Camila Bertoletti Carpenedo<sup>8</sup>  
Gabriela Goudard<sup>9</sup>  
Irene Carniatio de Oliveira<sup>10</sup>  
Libia Patrícia Peralta Agudelo<sup>11</sup>

183

---

- 
- 1 UFPR - Curitiba; chico@ufpr.br  
2 UTFPR - Curitiba; fassi@utfpr.edu.br  
3 UEPG - Ponta Grossa; gilsoncruz@uepg.br  
4 UFPR - Curitiba; rhmgodoi@ufpr.br  
5 UTFPR - Campo Mourão; reginaldo.re@gmail.com  
6 UEM - Maringá; luizesser@gmail.com  
7 PUC-PR - Curitiba; luciene.pimenteldasilva@gmail.com  
8 UFPR - Curitiba; camila.carpenedo@ufpr.br  
9 UFPR - Curitiba; gabigoudard.ufpr@gmail.com  
10 UNIOESTE - Cascavel; irene.oliveira@unioeste.br  
11 UTFPR - Curitiba; pperalta.design@gmail.com

## Resumo

Este capítulo traz resultados parciais de estudos realizados no âmbito dos cinco eixos do Novo Arranjo em Pesquisa e Inovação (NAPI) Emergência Climática, um projeto com financiamento da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (2023–2026), e que tem como objetivo diagnosticar as mudanças climáticas do Paraná, além de apresentar subsídios para políticas públicas de enfrentamento aos impactos das mudanças climáticas no estado e perspectivas. Nesse sentido, formou-se uma rede multidisciplinar e interdisciplinar com mais de 50 pesquisadores de diferentes universidades paranaenses para conhecer melhor o estado atual da emergência climática nas escalas regional e local, especialmente os eventos climáticos extremos, que causam impactos à fauna e flora, às cidades e à sua infraestrutura, à produção agrícola, à saúde das populações urbanas e rurais e à economia como um todo. Pelos estudos que vêm sendo conduzidos e são aqui parcialmente apresentados, é possível identificar alguns pontos críticos dos eventos climáticos extremos e vislumbrar cenários futuros por meio da redução, mitigação e prevenção desses efeitos negativos, visando à proteção de comunidades e do meio ambiente. Além dos resultados de pesquisas básicas e aplicadas, este texto evidencia a preocupação em melhorar a informação e a educação formal e informal sobre a questão climática para a formação da percepção e da consciência real de causas e consequências do problema. Alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, o NAPI Emergência Climática também aponta soluções baseadas na natureza como perspectiva para o enfrentamento do problema de forma mais eficaz e econômica.

**Palavras-chave:** emergência climática; estado do Paraná; pesquisa básica e aplicada; educação e comunicação ambiental e climática.

## Abstract

This chapter presents the partial results of studies carried out under the five axes of the New Arrangement for Research and Innovation (NAPI) Climate Emergency, a project funded by Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (2023–2026) that aims to diagnose the climate change in Paraná, Brazil, providing perspectives and subsidies for public policies to tackle the impacts of the climate change in the state. To this end, a multi- and interdisciplinary network of more than 50 researchers from different universities in Paraná has been formed to understand better the current climate emergency on a regional and local scale, especially extreme weather events, which cause impacts on fauna and flora, cities and their infrastructure, agricultural production, the



health of urban and rural populations, and the economy. From the studies carried out and partially presented here, it was possible to identify critical points related to extreme weather events and envision future scenarios through the reduction, mitigation, and prevention of these negative effects, to protect communities and the environment. In addition to the results of basic and applied research, this text highlights the concern to improve information and formal and informal education on the climate issue, to raise awareness of the causes and consequences of the problem. In line with the Sustainable Development Goals, NAPI Climate Emergency also points to nature-based solutions as a perspective for tackling the problem more effectively and economically.

**Keywords:** climate emergency; Paraná state; basic and applied research; environmental education and communication.



---

## 1 INTRODUÇÃO

No estado do Paraná, as condições climáticas têm registrado intensificação de ondas de calor, enchentes, deslizamentos de encostas, vendavais e granizos. As porções oeste e sudoeste, por exemplo, têm registrado a passagem de tornados nos últimos anos. Esses eventos climáticos extremos causam severas consequências para a população, implicando desabrigados e perdas de patrimônio que alcançam as atividades urbano-industriais, a agroindústria, o comércio, a agricultura e toda a sociedade, comprometendo a segurança alimentar e hídrica, a saúde pública como um todo, entre outros. Um estudo do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais de 2023 revelou que pelo menos 37 municípios do Paraná têm áreas sob risco de desastres ambientais, como deslizamentos, enchentes e alagamentos (Lopes, 2024).

O NAPI Emergência Climática (EC) é um consórcio formado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), a Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), a Universidade Estadual de

Londrina (UEL), a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).

O objetivo principal do NAPI EC é desenvolver estudos e projetos de tecnologia e inovação, visando avaliar o estado atual e os impactos das mudanças climáticas no estado do Paraná, bem como promover a mitigação da emissão de gases e aerossóis atrelados ao efeito estufa, provenientes de atividades urbano-industriais e agropecuárias. O objetivo completa-se com a aplicação dos estudos em medidas de adaptação aos cenários climáticos futuros nos quais os eventos climáticos extremos tendem a se intensificar.

Os estudos e projetos têm como escopo principal analisar e quantificar os impactos, bem como reduzir os riscos para as atividades econômicas e sociais. Essa abordagem considera a diferenciada vulnerabilidade socioambiental e a necessária prevenção aos impactos das mudanças climáticas globais, com o objetivo de subsidiar políticas públicas passíveis de implementação a curto e médio prazos. As propostas de pesquisa do NAPI EC estão divididas em cinco eixos temáticos assim estruturados:

- a) diagnóstico e particularidades das mudanças climáticas no estado do Paraná;
- b) impactos das mudanças climáticas na biodiversidade e nas bases ecológicas do território paranaense;
- c) mitigação das emissões dos gases de efeito estufa e de poluentes climáticos de vida curta no estado do Paraná;
- d) adaptabilidade e resiliência humana às mudanças climáticas, avaliação de riscos e vulnerabilidades;
- e) ações e perspectivas educacionais no processo de sensibilização e conscientização para o enfrentamento das emergências climáticas no Paraná.



---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

As mudanças climáticas globais, tendo atingido, no presente momento, a condição de emergência planetária, constituem um fenômeno eivado de inúmeros questionamentos quanto às suas repercussões e imbricações regionais e locais. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), ligado à Organização das Nações Unidas (ONU), coordena estudos em todo o planeta e subsidia as políticas internacionais para o enfrentamento do problema. A EC constitui uma problemática multiescalar, multidimensional, de amplo espectro e que só pode ser abordada de forma satisfatória ao envolver as perspectivas da multi/interdisciplinaridade e da multi-interinstitucionalidade, com o envolvimento dos setores público e privado, do terceiro setor e de toda a sociedade. Essa é a perspectiva que fundamenta os trabalhos no âmbito do NAPI EC.

As temáticas e subtemáticas, ou os cinco eixos supramencionados, partes constituintes do NAPI EC, são relativamente independentes e autônomas, posto que consistem em campos disciplinares com estrutura própria e que, num processo multi e interdisciplinar, interagem em razão da condição de transversalidade da problemática geral do projeto. Assim, as particularidades dos estudos atuam de maneira individual e complementar umas às outras, tal como previsto no esquema do hólón de Koestler (1970). Sua proposta de organização analítica pela perspectiva da arborescência demonstra como aspectos particulares são partes fundamentais de processos mais gerais e que somente têm sentido se a interação entre eles for praticada.



---

## 3 DESENVOLVIMENTO

O funcionamento do NAPI EC está baseado em cinco eixos, que envolvem pesquisadores das diferentes instituições da rede, com abordagens referentes às suas áreas de expertise, mas que se complementam. A seguir, são apresentados resultados parciais desses eixos, que iniciaram suas atividades em 2023.

---

### 3.1 EIXO 1: DIAGNÓSTICO E PARTICULARIDADES DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DO PARANÁ

O Eixo 1<sup>12</sup> tem como objetivo avaliar a dinâmica dos elementos climáticos no Paraná, subsidiando a identificação dos efeitos regionais e locais das mudanças climáticas. Dessa forma, busca compreender os eventos extremos, os desastres e os cenários climáticos futuros, com base em dados climáticos e meteorológicos de diferentes fontes e escalas temporais.

As análises do Eixo 1 evidenciam a recorrência de desastres no estado, tanto por excesso quanto por escassez de chuva, segundo os dados do Sistema Informatizado da Defesa Civil (SISDC) do Paraná. Entre 1979 e 2023, foram registradas 3.096 ocorrências relacionadas ao excesso de precipitação (tempestades convectivas, enxurradas, alagamentos e inundações), afetando 374 municípios e 4.098.804 pessoas, com 102 óbitos. Esses eventos concentraram-se principalmente em grandes centros urbanos, como Curitiba e a região metropolitana, além do litoral, da porção central e do oeste do estado. No mesmo

---

<sup>12</sup> Pesquisadores que atuam no eixo 1 e contribuem com a pesquisa: Leila Limberger (Unicentro), Wilson Flávio Feltrim Roseghini (UFPR), Pedro Augusto Breda Fontão (UFPR), Sidnei Osmar Jadoski (Unicentro) e Carlos Coimbra (UFPR).



período, ocorreram 849 registros de estiagem e seca, atingindo 285 municípios, com 3.480.015 pessoas afetadas e três óbitos, com concentrações espaciais mais expressivas no sudoeste paranaense. Ressalta-se que esses números refletem apenas os eventos oficialmente notificados à Defesa Civil do Paraná, podendo subestimar sua real extensão (Carpenedo *et al.*, 2024).

Esses eventos estão diretamente relacionados aos padrões climáticos observados. As secas persistentes, com duração de um mês a dois anos (avaliadas pelo índice de precipitação-*evapotranspiração* padronizado), tendem a afetar amplamente o Paraná, com maior intensidade no centro-oeste. Os episódios mais intensos estão associados a fatores como La Niña, deslocamento para o norte da zona de convergência do Atlântico Sul e redução do transporte de umidade da Amazônia. Já as chuvas intensas são mais expressivas em anos de El Niño e associadas a sistemas precipitantes que atuam no estado, como frentes frias, sistemas convectivos de mesoescala e jato de baixos níveis (Goudard; Limberger; Carpenedo, 2024).

Mudanças significativas no regime de pluviosidade foram observadas por meio de dados diários de precipitação – Centro de Previsão Climática (CPC), da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), e estações pluviométricas – e de testes de tendência de Mann-Kendall aplicados ao período de 1979 a 2023. Aumentos da intensidade das precipitações diárias (mm/dia) e da duração dos períodos secos consecutivos, bem como reduções do número de dias com chuva e dos períodos úmidos consecutivos, foram constatados. Esses resultados indicam que os eventos de chuva estão ficando mais intensos e concentrados, enquanto os períodos sem precipitação se tornam mais persistentes no tempo. No que se refere às temperaturas, evidenciaram-se condições de aquecimento em todo o estado, com aumentos de dias de verão e dias consecutivos de verão, com temperaturas superiores a 25 °C.

As projeções climáticas, considerando os modelos do CMIP6 (PSL e WorldClim) em diferentes cenários de mudanças climáticas (SSP2-4.5 – moderado; e SSP5-8.5 – pessimista), indicam alterações ainda mais expressivas até o fim deste século. Em todos os cenários examinados, as projeções indicam verões mais chuvosos e invernos mais secos. Os aumentos pluviais são mais expressivos no sul do estado, enquanto cenários de diminuição de



chuvas são mais evidentes em porções do noroeste do Paraná. Do ponto de vista da temperatura do ar, foram constatados aumentos das temperaturas mínimas, médias e máximas para todos os cenários analisados, com aquecimento em todas as estações do ano, com destaque para a primavera.

---

### 3.2 EIXO 2: IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA BIODIVERSIDADE E NAS BASES ECOLÓGICAS DO TERRITÓRIO PARANAENSE

No Eixo 2<sup>13</sup>, pesquisadores fazem uso de inteligência artificial/*machine learning* para o desenvolvimento de ferramentas que ajudem na relação entre biodiversidade e mudanças climáticas. Um dos produtos foi o pacote em R *caretSDM* para lidar com deficiências em instrumentos existentes para a modelagem de distribuição de espécies (*species distribution models* – SDM). Esse produto utiliza o pacote *caret*, oferecendo 239 algoritmos de aprendizado de máquina. O *caret* SDM abrange métodos exclusivos para geração de pseudo-absências, paralelização nativa, modelagem multiespécies e multicenários, *fine-tuning* automatizado, tratamento de ocorrências, seleção de variáveis, treinamento de modelos, teste de desempenho e geração de modelos consenso. Também foi necessária a produção de outro pacote, o *chooseGCM*.

O *caret* SDM foi criado para otimizar a seleção de modelos gerais de circulação (GCMs) do CMIP6, essenciais para projeções futuras da distribuição da biodiversidade. Ele utiliza métodos de aprendizado de máquina, como o agrupamento por K-médias, e um algoritmo personalizado para selecionar um subconjunto de GCMs que maximiza a representatividade climática, economizando 95% do tempo de processamento em comparação com a abordagem do IPCC. Projeções de SDMs para aves e peixes no estado do Paraná em cenários futuros mostram um padrão já discutido na



---

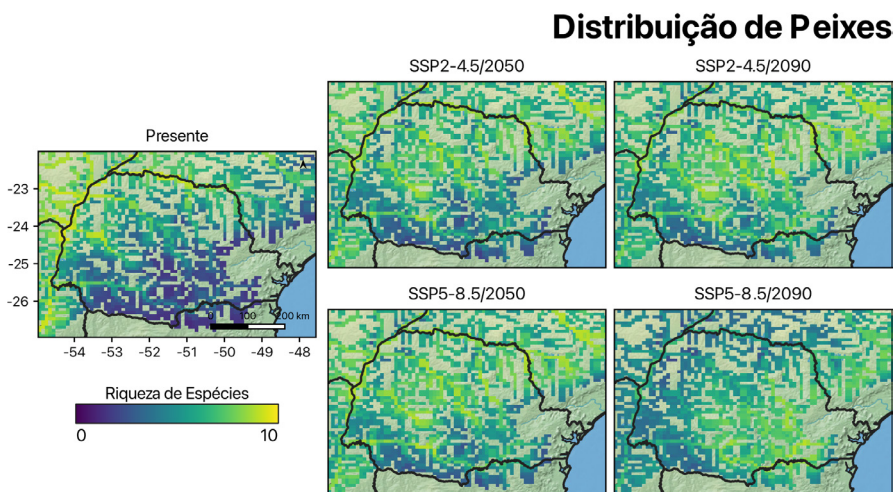
<sup>13</sup> Pesquisadores que atuam no eixo 2 e contribuem com a pesquisa: Marcos Robalinho Lima (UEL) e Dayani Bailly Fernandes (UEM).

literatura: a tendência de deslocamento das áreas de distribuição de espécies de regiões de menor altitude para aquelas de maior altitude e mais frias, com condições favoráveis de precipitação, para a persistência das populações.

Também, serviços ecossistêmicos prestados por aves, como dispersão de sementes e controle de pragas, podem ser comprometidos em regiões com baixa riqueza de espécies. Da mesma forma, populações que dependem da pesca podem ser afetadas pelo esgotamento dos estoques pesqueiros, especialmente quando se trata de subsistência e comércio (Figura 1). Nesse contexto, os pacotes caretSDM e chooseGCM, desenvolvidos pelo NAPI EC, ampliam a capacidade de modelagem da distribuição de espécies e, portanto, da biodiversidade do Paraná diante de cenários futuros de mudanças climáticas.



Figura 1 – Impacto do aumento da temperatura na reprodução e distribuição do dourado



Fonte: Autoria própria.

Essas ferramentas têm forte aplicação em estudos de conservação da biodiversidade e do capital natural, que oferecem benefícios essenciais à sociedade, como qualidade de vida, geração de renda e produtividade econômica. A biodiversidade, como geradora de serviços ecossistêmicos,

é um pilar estratégico para políticas públicas voltadas à prosperidade econômica sustentável. Os resultados obtidos com o uso desses softwares permitirão projeções robustas sobre os impactos climáticos na biodiversidade, oferecendo ao governo informações cruciais sobre refúgios climáticos. Além da conservação, suas aplicações estendem-se a áreas como saúde pública (*e.g.*, avanço de doenças infecciosas) e agricultura (*e.g.*, adequabilidade de cultivares, distribuição de polinizadores e pragas).

---

### 3.3 EIXO 3: MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DOS GASES DE EFEITO ESTUFA E DE POLUENTES CLIMÁTICOS DE VIDA CURTA NO ESTADO DO PARANÁ

A urbanização e o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de poluentes climáticos de vida curta contribuem para as mudanças climáticas antrópicas, intensificação das ilhas de calor, piora na qualidade do ar e impactos nos ecossistemas e na saúde humana. Nesse cenário, a conservação e o uso de florestas, tanto em áreas rurais quanto em urbanas, têm papel fundamental na mitigação desses efeitos. A arborização urbana, como infraestrutura verde e soluções baseadas na natureza, oferece serviços ecossistêmicos importantes, como a amenização térmica e proteção da saúde, especialmente a respiratória (Pimentel da Silva *et al.*, 2022; Oukawa *et al.*, 2024).

O Paraná, com forte atividade agrícola voltada para commodities e alimentos, participa da dinâmica de emissões de GEE. Essa relação entre áreas agrícolas e florestais envolve fatores como os pólenes da família Poaceae, associados a alergias e doenças respiratórias – problemas recorrentes no estado. Estudos indicam que o aumento das temperaturas pode intensificar a emissão de pólen, agravando o quadro. Além disso, a disposição da vegetação nas cidades pode gerar cânions urbanos que retêm poluentes ao dificultar a circulação do ar.



Diante dessa complexidade, o Eixo 3<sup>14</sup> tem investigado a concentração de pólen Poaceae, os efeitos das ilhas de calor e o impacto da vegetação urbana, incluindo em telhados e fachadas, na redução do calor e na saúde respiratória. As pesquisas utilizam tecnologias avançadas, desde o levantamento de dados primários sobre pólen e material particulado até análises espaciais e uso de inteligência artificial, como redes neurais e mineração de dados, para orientar medidas de adaptação.

### 3.3.1 Dinâmica da intensificação dos pólen

Por meio da amostragem de fotografias, as imagens são classificadas e, com a aplicação de algoritmos de redes neurais, é possível determinar a concentração dos pólen da família Poaceae (Figura 2). Com essas informações, são feitos cruzamentos com dados meteorológicos e de saúde, determinando o aumento da concentração de pólen e das doenças respiratórias.

Figura 2 – Concentração dos pólen da família Poaceae



Fonte: Autoria própria.



<sup>14</sup> Pesquisadores que atuam no eixo 3 e contribuem com a pesquisa: Patrícia Krecl (UTFPR), Admir Créso Targino (UTFPR), Yara de Souza Tadano (UTFPR) e Gabriel Yoshikazu Cortez Oukawa (UTFPR).

### 3.3.2 Ilhas urbanas de calor, soluções baseadas na natureza e em doenças respiratórias

Na cidade de Londrina, o algoritmo Random Forest identificou parâmetros que evidenciaram que as maiores intensidades das Ilhas de Calor Urbano (ICU) ocorreram em áreas com edificações compactas de altura média e abertas de grande altura. Já o aumento da arborização em 2,3 vezes reduziu a intensidade das ICU em até 0,8 °C. O aproveitamento de espaços públicos e de lotes para o plantio de árvores diminuiu o estresse térmico em 2,1 °C. Esse estudo demonstra o papel crucial da infraestrutura verde na redução das ICU. As metodologias desenvolvidas oferecem uma abordagem acessível para integrar a arborização em planos municipais de contingência do calor extremo (Oukawa *et al.*, 2024).

Em outro estudo em áreas urbanas, as análises estatísticas e a visualização dos dados revelaram conexões entre indicadores de saúde (asma), ambientais (arborização e infraestrutura cinza) e socioeconômicos (baixa renda). A matriz de autocorrelação destacou relações lineares, como a correlação negativa entre infraestrutura cinza e baixa renda. Com dendrogramas e o método *K-means*, identificaram-se dois *clusters* distintos: um agrupando indicadores socioeconômicos, ambientais e de saúde; e outro ligado à intervenção humana na paisagem, evidenciando as interações complexas do ambiente local (Pogogelski, 2024).



---

## 3.4 EIXO 4: ADAPTABILIDADE E RESILIÊNCIA HUMANA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS – AVALIAÇÃO DE RISCOS E VULNERABILIDADES

O estudo sobre as condições climáticas urbanas no Paraná está sendo elaborado tendo como pressuposto a análise das condições térmicas, pluviométricas e de poluição do ar, em conformidade com a bibliografia relativa ao tema (Monteiro; Mendonça, 2005). Foram levantados dados e analisadas

as condições do clima urbano das seguintes cidades: Curitiba, Ponta Grossa, Londrina, Maringá, Foz do Iguaçu, Cascavel, Guarapuava, Francisco Beltrão, Marechal Cândido Rondon, Paranavaí, Campo Mourão, São Mateus do Sul e União da Vitória.

Para a elaboração do estudo, estão sendo analisados dados meteorológicos do ar e de superfície provenientes de estações e imagens de satélite e do levantamento direto em pesquisas de campo. Alguns dados abrangem séries mais longas (a partir dos anos 1960), outros são mais recentes. Os resultados ainda são preliminares, uma vez que se encontram em fase de validação e ampliação, especialmente no que diz respeito à análise integrada dos indicadores climáticos com os processos de urbanização.

No período analisado, todas as cidades envolvidas apresentaram considerável incremento na urbanização, especialmente nas duas últimas décadas, com destaque para a Região Metropolitana de Curitiba. A expansão do ambiente construído se revelou de forma intensa, com a redução de áreas verdes no tecido urbano, mas este também se verticalizou bastante em quase todas as cidades; o incremento populacional e a complexidade da vida urbana foram expressivos. Todos esses aspectos, de origem antropogênica, em interação com os fenômenos climáticos, incidiram direta e indiretamente em mudanças climáticas observadas nas cidades paranaenses.

### 3.4.1 Temperatura do ar: ilhas e ondas de calor e desconforto térmico

Seguindo a tendência global (IPCC, 2023), o Paraná registrou aumento médio de 1,5 °C na temperatura do ar nas últimas décadas (Mendonça, 2014), confirmando o cenário pessimista de aquecimento global, regional e local. A relação entre expansão urbana, temperatura do ar e temperatura da superfície foi evidente em quase todas as cidades, embora de forma desigual. Em Guarapuava, aumentaram as temperaturas de verão e diminuíram as de inverno. Já em Curitiba, Foz do Iguaçu, São Mateus do Sul e União da Vitória, os invernos tornaram-se menos rigorosos. Londrina,



Maringá, Cascavel, Francisco Beltrão e Marechal Cândido Rondon apresentaram elevação nas temperaturas de inverno e verão.

As áreas urbanas, de solo exposto, e algumas culturas agrícolas, como a soja em Cascavel, registraram temperaturas mais altas. Em contrapartida, regiões com vegetação densa, como bosques e florestas, apresentaram temperaturas mais baixas. Análises em cidades como Ponta Grossa, Maringá, Paranavaí, Campo Mourão, Curitiba, Londrina e Foz do Iguaçu, com base em dados de termografia de 1984 a 2022, identificaram a presença de ICU. As imagens de satélite revelaram a expansão dessas áreas, especialmente em zonas centrais com baixa cobertura vegetal. Já nas décadas anteriores, ICU com mais de 12° C de diferença já eram observadas em Curitiba e Londrina, tendência que se intensificou na última década. As ondas de calor tornaram-se mais frequentes e intensas, com destaque para 2024, o ano mais quente da história, agravando o desconforto térmico e doenças relacionadas ao estresse térmico. Transectos térmicos mostraram também a presença de ilhas frias, geralmente em áreas verdes urbanas, como praças e parques.



### 3.4.2 Precipitação, inundações e secas

A precipitação no Paraná apresenta grande variabilidade sazonal e decadal. Embora as chuvas ocorram majoritariamente no verão – outubro a abril –, o inverno também as registra de maneira especial nas regiões leste e sul. Tendências indicam aumento das chuvas no centro-sul e leste, e redução nas demais regiões, com episódios extremos intercalados por períodos de escassez (Mendonça, 2014).

A análise conjunta de dados pluviométricos e registros da Defesa Civil mostra correlação entre eventos extremos de chuva e alagamentos, inundações, deslizamentos e destelhamentos em áreas urbanas, evidenciando maior vulnerabilidade socioambiental.

Eventos como inundações e deslizamentos têm sido frequentes, sobretudo nas cidades ao longo do rio Iguaçu – União da Vitória/Porto União

– e na Região Metropolitana de Curitiba. Chuvas intensas, como as de fevereiro de 1999 e 2023, afetaram severamente a malha rodoviária do leste do estado. Em contrapartida, secas cada vez mais intensas impactam a agricultura e a vida urbana, com destaque para 2020 e 2021, quando a redução de chuvas e o rebaixamento dos reservatórios agravaram a crise hídrica durante a pandemia de covid-19.

### 3.4.3 Poluição do ar e saúde pública

No âmbito do NAPI EC, foi criada uma rede inédita de monitoramento atmosférico no Paraná, com sensores de baixo custo instalados em 12 municípios com diferentes contextos socioambientais. Essa rede possibilitou o diagnóstico preliminar das concentrações de material particulado fino (MP2,5), poluente altamente associado a problemas de saúde pública. Em várias cidades, os níveis médios e máximos de MP2,5 superam frequentemente os limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), com períodos prolongados de exposição crítica.

A espacialização dos dados mostra grande variação regional e a presença de pontos críticos, com dias consecutivos de má qualidade do ar, exigindo atenção imediata das autoridades. Há indícios de correlação entre poluição, fatores climáticos e aumento de internações por doenças cardiorrespiratórias, apontando impactos diretos na saúde coletiva.

Também foram desenvolvidos modelos com o uso de inteligência artificial, como redes neurais, para prever concentrações futuras de poluentes com base em dados climáticos e históricos. Esses avanços reforçam a urgência de expandir esse monitoramento e integrá-lo às políticas públicas, diante do risco crescente à saúde decorrente do agravamento da crise climática.



---

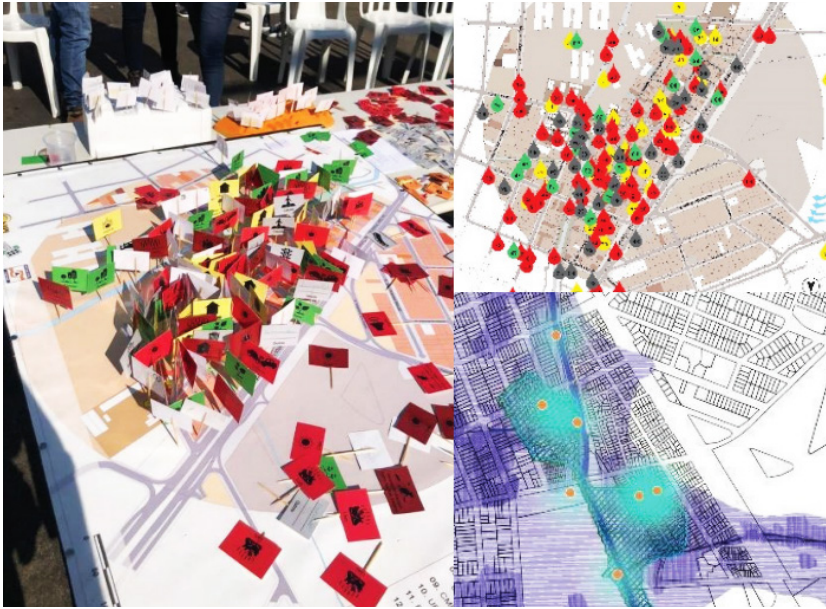
### 3.5 EIXO 5: AÇÕES E PERSPECTIVAS EDUCACIONAIS NO PROCESSO DE SENSIBILIZAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO PARA O ENFRENTAMENTO DAS EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS NO PARANÁ

O Eixo 5 promove a educação e comunicação sobre EC, traduzindo resultados para a sociedade e incentivando ações participativas de mitigação de gases de efeito estufa e enfrentamento climático. Além disso, reúne pesquisadores de várias universidades do estado com diferentes funções.

Na UTFPR, sob a coordenação do professor Eloy Casagrande, foi montada uma equipe em Curitiba, cujo trabalho de campo, liderado pela Doutora Líbia Patricia Peralta Agudelo, foi desenvolver um modelo interinstitucional participativo de enfrentamento climático para áreas de vulnerabilidade social. O foco da pesquisa é em situações de pré e pós-desastres, com a perspectiva de expansão desse modelo para todo o Paraná. A parceria entre UTFPR, Defesa Civil municipal e lideranças e atores comunitários focou no *climate emergency action literacy*, possibilitando mapear zonas vulneráveis nos territórios piloto (Vila Torres e Parque Linear Arthur Bernardes), utilizando metodologias tais como Jane's *walk*, cartografia social (Oliveira *et al.*, 2021) e análise dos dados em sistema digital multifatorial utilizado pelos órgãos gestores locais, o QGIS – software livre de sistema de informação geográfica –, conforme a Figura 3. O trabalho tem envolvido diretamente 110 pessoas das comunidades e beneficiado indiretamente dezenas. Os dados subsidiam propostas de urbanismo resiliente desenvolvidas pela equipe para a comunidade na busca de soluções de problemas persistentes (Agudelo *et al.*, 2024).



Figura 3 – Cartografia e resultados com a sobreposição de dados georreferenciados



Fonte: Autoria própria.

Os resultados orientaram a Defesa Civil a definir ações emergenciais, como rotas de fuga, pontos de encontro, locais de abrigo, sirenes de alarme etc., e estabeleceram uma relação de confiança com as comunidades. Uma unidade móvel de educação climática, que está sendo desenvolvida no projeto do NAPI EC será integrada ao Programa Família Resiliente em nível municipal. O projeto já produziu 12 apresentações em congressos e eventos nacionais, parcerias internacionais, publicações de artigos e de dois capítulos de livro, uma tese de doutorado em andamento, 14 trabalhos de disciplina e quatro monografias de especialização.

Na Unioeste, ações da equipe<sup>15</sup> sob a coordenação da professora doutora Irene Carniatto incluem a divulgação em site, um canal no YouTube e o ecoblogue, numa parceria com a professora Myrian Regina Del Vecchio-Lima (Programa de Pós-Graduação em Comunicação da UFPR), além da

<sup>15</sup> Dr. Francisco Mendonça (UFPR), Dr. Juan Pablo Davila Boeira, Dra. Cláudia Lopes do Nascimento (UEL), Dr. Gustavo Biasoli Alves (Unioeste) e alunos de pós-graduação.



produção de cadernos de indicadores sobre o Paraná e a criação de centros de educação ambiental, com seis unidades em operação. Também foram desenvolvidos um curso de formação em emergência climática com a Itaipu Parquetec e outro para gestores municipais de apoio ao Ministério Público do Paraná e municípios na elaboração de planos de adaptação. Há um pós-doutorado concluído, dois em andamento, quatro teses de doutorado concluídas, quatro teses em andamento e quatro projetos de iniciação científica. Já foram publicados 31 artigos indexados, cinco livros, oito capítulos de livro, além de dez trabalhos apresentados em congressos nacionais e internacionais.

Igualmente, outros dois projetos da Unioeste se conectam ao NAPI EC:

- a) Pacto Global de Jovens pelo Clima, coordenado pela professora Adriana Massaê Kataoka, que visa estimular o protagonismo juvenil no enfrentamento da EC, com base na teoria da complexidade de Edgar Morin e no diálogo horizontal entre alunos, professores e cientistas. No Paraná, participam 17 escolas, envolvendo diretamente 500 jovens e 40 professores da educação básica.
- b) Nós Propomos! Unicentro: Juventude Educando-se na/com a Cidade e Rede Clubes de Ciências, coordenados pela professora Marquiana de Freitas Vilas Boas Gomes, que também atua na educação para as EC. Juntos, abrangem 17 municípios, com 1.500 jovens e 54 professores, incluindo cinco territórios indígenas dos povos guarani e caingangue. O Nós Propomos! integra uma rede ibero-americana vinculada à Universidade de Lisboa, com foco na justiça climática, vulnerabilidade social e cidadania territorial.

Já na UFPR se desenvolve a pesquisa Comunicação sobre emergência climática: estratégias de sensibilização, realizada em duas etapas. A primeira fase (2023–2024) foi uma pesquisa-ação participativa em dois colégios localizados em áreas de risco climático. Foram feitas entrevistas grupais com 18 estudantes do ensino médio (14 a 21 anos) para compreender o poder de voz da juventude sob a ótica da justiça climática. Os resultados apontam limitações e possibilidades de participação social, indicando a necessidade de comunicação crítica e criativa.



Em 2024, foram realizadas 24 oficinas nos colégios. A segunda etapa (2024–2025) foca em estratégias de sensibilização, com dois grupos focais compostos de 14 jornalistas de Curitiba. Os resultados indicam a importância de uma cobertura qualificada sobre causas e soluções da EC que evite apatia ou ansiedade, responsabilize agentes e mobilize a comunidade. As oficinas previstas buscarão construir estratégias comunicativas de forma coletiva. Os dados estão sendo divulgados por meio de disciplinas, oficinas e publicações: dois artigos em revistas, 12 participações em congressos, um capítulo de livro, 11 cursos de curta duração e uma dissertação de mestrado em andamento.

Na PUC-PR, a tese de doutorado de Murilo Noli da Fonseca, orientada pela professora doutora Luciene Pimentel da Silva, investigou a gestão e a comunicação do risco de inundações em áreas de vulnerabilidade socioambiental, considerando o contexto das mudanças climáticas em Curitiba, especificamente nas comunidades Vila Torres, Boqueirão e Parolin. O objetivo principal foi avaliar o sistema de governança na comunicação do risco de inundações, destacando a percepção da população vulnerável. Por meio de revisão sistemática e múltiplas análises, envolvendo percepção de risco, uso de mídias sociais, integração com a gestão pública e desenvolvimento de sistemas de alerta, a pesquisa propôs um modelo metodológico multicanal. Os resultados revelaram lacunas significativas entre as mensagens oficiais de alerta e a compreensão efetiva por parte das populações vulneráveis, condicionadas por fatores como confiança institucional, acessibilidade, experiências prévias e repertórios culturais locais. Com base nesses achados, foi sugerido um sistema georreferenciado e participativo para disseminação de alertas de risco de inundações, incorporando uma matriz de risco, árvore de decisão, estratégias comunicacionais de múltiplos canais e abordagens em diferentes escalas territoriais, reforçando a necessidade de integração entre governança pública e participação comunitária (Fonseca; Pimentel da Silva, 2025).



---

## 4 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Tratar das mudanças climáticas num mundo que demanda cada vez mais energia e sofre retrocessos não é tarefa fácil. Há obstáculos significativos a serem superados, como a dependência de combustíveis fósseis, a falta de planejamento urbano sustentável, a desigualdade social e a ausência de políticas públicas integradas e eficazes. No Brasil, o desafio é ainda maior, diante da pressão por expansão agropecuária e infraestrutura, muitas vezes em detrimento da conservação ambiental. A fragilidade da governança ambiental e a limitação de recursos para monitoramento e mitigação agravam a capacidade de resposta. Além disso, as populações mais pobres e marginalizadas são as mais afetadas, exigindo soluções justas e inclusivas.

Apesar da gravidade do cenário, é preciso apostar em soluções visando à continuidade da vida futura no planeta, e o NAPI EC atua nessa perspectiva. Propostas do projeto, como a transição para uma economia de baixo carbono, o avanço de tecnologias limpas, o fortalecimento da governança climática e o investimento em soluções baseadas na natureza, concordam com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e representam perspectivas concretas de mitigação de gases de efeito estufa e adaptação aos cenários presentes e futuros.

O Brasil, com sua rica biodiversidade e matriz energética relativamente limpa, tem potencial para liderar ações globais, desde que promova o uso sustentável de seus recursos naturais, proteja seus biomas e fortaleça a integração entre ciência, políticas públicas e participação social. A construção de cidades resilientes, a restauração de ecossistemas, a produção agropecuária com respeito à ecologia e a educação climática também são pilares fundamentais para enfrentar os desafios atuais e futuros.



---

## REFERÊNCIAS

AGUDELO, L. P. P. *et al.* A cartografia social como método participativo para a definição de ações pré e pós-desastre em territórios vulneráveis. *In: CONFERÊNCIA PARANAENSE DE EMERGÊNCIA CLIMÁTICA*, 1., 2024, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Cpec, 2024.

CARPENEDO, C. B. *et al.* Eventos de seca agrícola e hidrológica no estado do Paraná e circulação atmosférica associada. *In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES*, 4., 2024, Curitiba. **Anais [...]**: ABRHidro, 2024.

FONSECA, M. N.; PIMENTEL DA SILVA, L. Disaster warning messages: challenges and opportunities based on Brazil's experience. **Progress in Disaster Science**, [s. l.], v. 26, p. 100440, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2025.100440>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2590061725000377>. Acesso em: 1 set. 2025.

GOUDARD, G.; LIMBERGER, L.; CARPENEDO, C. B. Influence of Eastern, Central and Mix El Niño on the variability of rainfall in southeastern South America. **Frontiers in Earth Science**, [s. l.], v. 12, p. 1-17, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1134782>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2024.1134782/full>. Acesso em: 1 set. 2025.

IPCC. **Annual report 6**. IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

KOESTLER, A. Beyond atomism and holism: The concept of holon. **Perspectives in Biology and Medicine**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 131-154, 1970. DOI: <https://doi.org/10.1353/pbm.1970.0023>. Disponível em: <https://muse.jhu.edu/article/405643>. Acesso em: 30 jul. 2025.

LOPES, J. M. Fatores que levaram à catástrofe no RS estão presentes no Paraná. **Folha de Londrina**, Londrina, 2024. Disponível em <https://www.folhadelondrina.com.br/geral/fatores-que-levaram-a-catastrofe-no-rs-estao-presentes-no-parana-3250545e.html?d=1>. Acesso em: 27 maio 2025.



MENDONÇA, F. (org.). **Os climas do sul**: em tempos de mudanças climáticas. Jundiá: Paco, 2014.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2005.

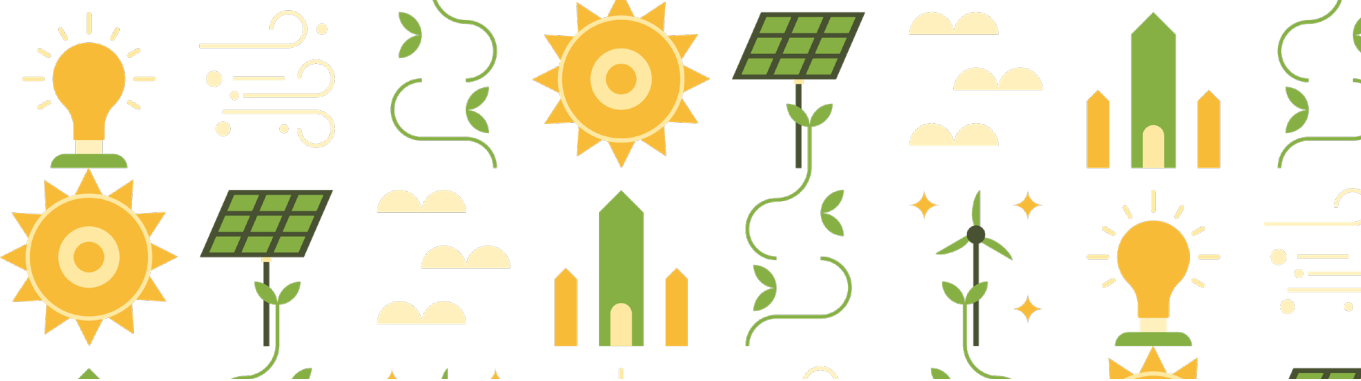
OLIVEIRA, S. S. *et al.* De nosso território sabemos nós: experiência de cartografia social para emergências e desastres. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 26, n. 10, p. 4579-4590, out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320212610.11012021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/737S8KYYvDPnR9VDTkGpFtc/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2025.

OUKAWA, G. Y. *et al.* Advantages of modeling the urban heat island intensity: A tool for implementing nature-based solutions. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 102, n. 105204, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105204>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210670724000337>. Acesso em: 30 jul. 2025.

PIMENTEL DA SILVA, L. *et al.* Ecosystems services and green infrastructure for respiratory health protection: a data science approach for Paraná, Brazil. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, p. 1835, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031835>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1835>. Acesso em: 30 jul. 2025.

POGOGELSKI, A. L. C. **Cidades resilientes e sustentáveis**: arborização urbana e saúde respiratória. 2024. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2024.





---

# Ações do NAPI Hidrogênio no contexto de transição energética do estado do Paraná

205

---

Maurício Romani<sup>1</sup>  
Roberta Carolina Pelissari Rizzo Domingues<sup>2</sup>  
Lígia Gomes Oliveira<sup>3</sup>  
Joel Gustavo Teleken<sup>4</sup>  
Carlos Eduardo Borba<sup>5</sup>  
André Lazarin Gallina<sup>6</sup>  
Deize Dias Lopes<sup>7</sup>  
Rodrigo Brackmann<sup>8</sup>  
Lúcio Cardozo Filho<sup>9</sup>  
Helton Jose Alves<sup>10</sup>

- 
- 1 UFPR - Palotina; romani@ufpr.br  
2 UTFPR - Curitiba; robertac@utfpr.edu.br  
3 UFPR - Palotina; ligia.gomes@ufpr.br  
4 UFPR - Palotina; joel.teleke@ufpr.br  
5 UNIOESTE - Toledo; carlos.borba@unioeste.br  
6 UNICENTRO - Guarapuava; andregallina@unicentro.br  
7 UEL - Londrina; dilopes@uel.br  
8 UTFPR - Pato Branco; rodrigobrckmann@utfpr.edu.br  
9 UEM - Maringá; lcfilho@uem.br  
10 UFPR - Curitiba; helton.alves@ufpr.br

## Resumo

O hidrogênio vem se tornando um vetor energético promissor para o setor industrial comprometido com a baixa emissão de carbono. Rotas renováveis para obtenção de hidrogênio estão sendo estudadas de forma contínua e detalhada, buscando soluções sustentáveis para a sua produção e aplicação. Diante disso, pesquisadores das universidades situadas no estado do Paraná, por meio do Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação Hidrogênio (NAPI H2), objetivam promover pesquisas relacionadas à produção e utilização de hidrogênio renovável de baixa emissão de carbono, fortalecer parcerias com órgãos públicos e privados e disseminar conhecimento e pesquisas acerca desse vetor energético. Para alcançar esses objetivos, os pesquisadores envolvidos foram contemplados com equipamentos para realização de experimentos, caracterização de materiais e reatores catalíticos e com investimentos em recursos humanos ou bolsas de mestrado, doutorado e pós-doutorado, além de terem firmado parcerias internacionais e participado de eventos técnico-científicos.

**Palavras-chave:** hidrogênio renovável; baixa emissão; Objetivos de Desenvolvimento Sustentável; desenvolvimento tecnológico.

## Abstract

Hydrogen is emerging as a promising energy vector for the industrial sector committed to low-carbon emissions. Renewable pathways for hydrogen production have been continuously and thoroughly investigated, aiming to identify sustainable solutions for its generation and application. In this context, researchers from universities located in the state of Paraná, Brazil, have stood out through the Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação Hidrogênio (NAPI H2). NAPI H2 aims to foster research related to the production and use of low-carbon hydrogen, strengthen partnerships with public and private institutions, and promote the dissemination of knowledge and research on renewable low-carbon hydrogen. To achieve these goals, the involved researchers have been equipped with resources for conducting experiments, material characterization, and catalytic reactor development, in addition to engaging in international collaborations and participating in technical and scientific events.

**Keywords:** renewable hydrogen; low emissions; Sustainable Development Goals; technological development.



---

# 1 INTRODUÇÃO

O hidrogênio desempenha um papel crucial como vetor energético (Abdin *et al.*, 2020), além de ser um insumo fundamental em diversos setores industriais e estratégicos, o que amplia sua relevância econômica e tecnológica. Tanto no cenário local quanto no global, a produção de hidrogênio ainda depende majoritariamente de fontes não renováveis (Marimuthu *et al.*, 2023), ressaltando a urgência por soluções inovadoras que viabilizem sua geração por meio de rotas de produção de baixa emissão de carbono. Entre os principais desafios, destacam-se a necessidade de avanço nas tecnologias de conversão, a purificação, o armazenamento e o uso (Züttel, 2003; Widera, 2020), bem como a superação de gargalos econômicos e de infraestrutura para implementação em larga escala.

O Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Hidrogênio (NAPI H<sub>2</sub>) surge como resposta à necessidade de integrar e potencializar as iniciativas de pesquisa, desenvolvimento e inovação na área de hidrogênio no estado do Paraná. Apesar do número de projetos conduzidos por universidades, dos institutos de pesquisa e do setor produtivo serem bastante significativos, essas ações ainda ocorrem, em grande parte, de forma isolada, limitando o impacto ante os complexos desafios técnicos, científicos e econômicos relacionados à produção, ao armazenamento e ao uso sustentável do hidrogênio, especialmente de fontes renováveis. O Paraná tem se destacado em âmbito nacional pela abundância de recursos naturais renováveis, como biomassa residual, águas superficiais e energia solar, fatores essenciais para o desenvolvimento de rotas sustentáveis de produção de hidrogênio.

No contexto paranaense, a geração de conhecimento e o aproveitamento da biomassa residual, fruto da atividade agropecuária do estado, são uma oportunidade estratégica para a implantação de cadeias produtivas renováveis. O biogás, por exemplo, é uma fonte de energia limpa e renovável que pode favorecer a produção de hidrogênio por intermédio de rotas alternativas e com captura de carbono.



O NAPI H2 (logotipo apresentado na Figura 1) foi idealizado alinhado às políticas públicas estaduais e nacionais, articulando universidades, institutos de pesquisa, setor produtivo e governo para promover não só o desenvolvimento científico e tecnológico, mas também a formação de recursos humanos qualificados e a difusão do conhecimento. Ele vem posicionando o estado do Paraná como referência nacional na área de produção de energia limpa, sobretudo pelo hidrogênio renovável.

Figura 1 – Logo NAPI H2



Fonte: Autoria própria.

Diante disso, o NAPI H2 tem o objetivo de criar uma rede de pesquisa e inovação no Paraná, buscando articular ações que envolvam instituições públicas e privadas, de forma a impulsionar principalmente o desenvolvimento de tecnologias, a oferta de serviços e a formação de recursos humanos especializados na área do hidrogênio renovável de baixo carbono, tendo como ação inicial e prioritária o desenvolvimento da rota que utiliza a biomassa residual. De forma específica, o NAPI H2 destaca-se por:

- a) consolidar um banco de dados único sobre hidrogênio renovável de baixo carbono (pesquisas, tecnologias e políticas);
- b) fomentar a troca de conhecimentos e parcerias entre academia, indústria e governo do Paraná;
- c) integrar e fortalecer grupos de pesquisa para projetos e publicações colaborativas;
- d) impulsionar rotas tecnológicas maduras, especialmente a produção de H2 por meio do biogás de biomassa residual;
- e) capacitar profissionais em nível de graduação e pós-graduação;
- f) organizar bianualmente o Simpósio Paranaense do Hidrogênio para difusão de inovações.



---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

A produção de H<sub>2</sub> por meio da reforma do biogás é uma possibilidade interessante, uma vez que há grande disponibilidade de biomassa residual no estado com potencial de biodegradação. A integração entre os processos de reforma do biogás e o acionamento de células a combustível configura uma rota importante para a geração de energia renovável, principalmente em regiões mais distantes dos centros urbanos, onde o preço do hidrogênio é maior por causa das longas distâncias percorridas para seu transporte e há mais disponibilidade de biomassa residual. Também é importante destacar os avanços na tecnologia de células a combustível de óxido sólido que permitem a utilização de biogás como combustível para geração e consumo direto do hidrogênio (Sahini; Lupyana, 2023).

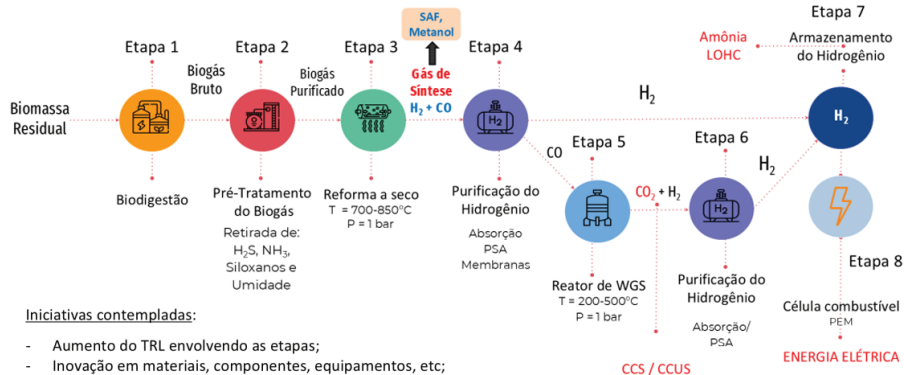
Existem alguns gargalos tecnológicos nesse tipo de tecnologia que devem ser estudados para que possam ser utilizados de acordo com a realidade de produção, sobretudo com relação à presença de H<sub>2</sub>S (Li *et al.*, 2020). Adicionalmente, muitos pesquisadores têm estudado processos biológicos que envolvem o uso de microrganismos na conversão da biomassa residual (efluentes e resíduos agroindustriais) em hidrogênio, pelo processo de codigestão em duas fases. Nesse caso, normalmente a literatura especializada usa o termo *bio-hidrogênio* (Arantes *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2022). Além disso, a gaseificação estudada em pesquisas recentes tem se destacado para a produção de hidrogênio (Brown *et al.*, 2025; Luo *et al.*, 2025).

Portanto, a criação do NAPI H<sub>2</sub> promove um ambiente propício para o desenvolvimento de ações que incentivam e projetam pesquisas científicas e tecnológicas, bem como produtos e serviços, com enfoque nas possíveis rotas e na cadeia produtiva do hidrogênio renovável de baixo carbono. Os resultados desse projeto devem colocar o estado do Paraná em posição de destaque nacional e internacional na área do hidrogênio renovável.



A rota de produção e utilização do hidrogênio pode ser vista na Figura 2. O biogás obtido da biomassa passa por um processo de purificação. Em seguida, o gás purificado é reformado meio do por processo de reforma a seco. O gás de síntese gerado é então submetido à separação mediante tecnologia de adsorção por oscilação de pressão (PSA), resultando em hidrogênio puro, que pode ser usado para geração de energia, sendo aplicado em célula a combustível ou armazenado. O hidrogênio é um gás versátil e pode ser empregado para produzir outros biocombustíveis de baixa emissão, como sustainable aviation fuel (SAF), e também produtos como amônia.

Figura 2 – Rota de produção e utilização do hidrogênio



Fonte: Autoria própria.

Legenda: SAF – *sustainable aviation fuel*; PSA – *pressure swing adsorption*; WGS – *water-gas shift*; LOHC – *liquid organic hydrogen carrier*; CCS – *carbon capture and storage*; CCUS – *carbon capture, utilization, and storage*; TRL – *technology readiness level*; AI – *artificial intelligence*.



---

### 3 DESENVOLVIMENTO

Em razão dos avanços no setor de hidrogênio, surgiu a necessidade de aproximar os principais atores com atuação e interesse na temática do estado do Paraná, sobretudo pesquisadores e representantes do setor produtivo e de órgãos governamentais, de maneira a integrar ideias e projetos em torno dos maiores problemas/desafios da cadeia produtiva do hidrogênio renovável de baixo carbono, buscando possíveis soluções e ações estratégicas no âmbito da pesquisa e da inovação.

Para agregar o conhecimento, a infraestrutura e as ações necessárias, foi proposta a criação do NAPI H<sub>2</sub>. O arranjo estabelecido permitiu a criação de uma rede de colaboradores capazes de articular ações entre universidades, institutos de pesquisa, empresas e governo do estado, de forma a promover o desenvolvimento do hidrogênio renovável de baixo carbono, colocando o Paraná em destaque no cenário nacional. A realização de eventos de caráter técnico-científico no estado nessa temática é feita e apoiada pelo NAPI H<sub>2</sub>, o que tem contribuído para a difusão da ciência e tecnologia, bem como de novos negócios e investimentos. O Quadro 1 apresenta os pesquisadores envolvidos diretamente no projeto, incluindo as linhas de pesquisa.



Quadro 1 – Pesquisadores e linhas de pesquisa do NAPI H2

PESQUISADOR	INSTITUIÇÃO	RESUMO DE ATIVIDADES	LINK DO LABORATÓRIO
Helton José Alves	Universidade Federal do Paraná (UFPR)	Produção de hidrogênio via reforma a seco do biogás	<a href="https://palotina.ufpr.br/labmater/">https://palotina.ufpr.br/labmater/</a>
Maurício Romani	UFPR	Tecnologias de produção de hidrogênio eletrolítico renovável com aproveitamento de águas residuais	<a href="https://palotina.ufpr.br/labmater/">https://palotina.ufpr.br/labmater/</a>
Joel Gustavo Teleken	UFPR	Codigestão de resíduos agroindustriais para produção de metano e bio-hidrogênio	<a href="https://palotina.ufpr.br/lpb/">https://palotina.ufpr.br/lpb/</a>
Roberta Carolina Pelissari Rizzo Domingues	Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)	Síntese e caracterização de materiais adsorventes e catalisadores, produção de hidrogênio, tratamento de gases de processos de combustão, produção de energia limpa	<a href="https://utfpr.curitiba.br/daqbi/infraestrutura/">https://utfpr.curitiba.br/daqbi/infraestrutura/</a>
Carlos Eduardo Borba	Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)	Avaliação, por meio de modelagem matemática e simulação de processos, da purificação/separação e reforma do biogás	<a href="https://www.unioeste.br/portal/pos-peq">https://www.unioeste.br/portal/pos-peq</a>
André Lazzarin Gallina	Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro)	Desenvolvimento de catalisadores à base de óxidos metálicos e resíduos de biomassa para produção de hidrogênio	-
Deize Dias Lopes	Universidade Estadual de Londrina (UEL)	Valorização dos resíduos da indústria de fécula de mandioca em sistema anaeróbio de duas fases com imobilização celular em material lignocelulósico	<a href="https://cmlp.uel.br/">https://cmlp.uel.br/</a>
Rodrigo Brackmann	UTFPR	Catálise heterogênea com ênfase em síntese de catalisadores para aplicações energéticas e ambientais	
Lúcio Cardozo Filho	Universidade Estadual de Maringá (UEM)	Desenvolvimento de processos químicos e bioquímicos empregando a tecnologia supercrítica com ênfase ao estudo do comportamento de fases das substâncias presentes nos processos e de mecanismos de transporte e reacionais envolvidos	<a href="http://www.cpr.uem.br/pite/index.php/infraestrutura-tecnologica/laboratorios/3299-laboratorio-de-tecnologia-supercritica-e-equilibrio-de-fases-ltsef">http://www.cpr.uem.br/pite/index.php/infraestrutura-tecnologica/laboratorios/3299-laboratorio-de-tecnologia-supercritica-e-equilibrio-de-fases-ltsef</a>

Fonte: Autoria própria.



---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

De acordo com o enquadramento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Organização das Nações Unidas (ONU), as ações realizadas pelo NAPI contribuem diretamente para os seguintes ODS:

- a) desenvolvimento econômico regional do estado do Paraná e do Brasil, com avanço no aprimoramento de tecnologia estratégica ainda não disponível comercialmente (ODS 9) e com a geração de empregos e renda (ODS 8) associados à cadeia produtiva do biogás, H<sub>2</sub> e geração de energia elétrica (ODS 10);
- b) demonstração da descentralização na produção de H<sub>2</sub>, possibilitando a oferta do produto em regiões distantes dos grandes centros (ODS 10);
- c) diversificação do uso do biogás como produto energético estratégico em níveis estadual e nacional (ODS 13);
- d) aumento do valor agregado do biogás com seu uso na geração de um combustível mais nobre, como é o caso do H<sub>2</sub>, possibilitando o incremento de receita para o produtor rural (ODS 8 e ODS 13);
- e) viabilização da produção de H<sub>2</sub> por meio da biomassa residual (ODS 13);
- f) aprimoramento de rota proposta para a geração eficiente de energia elétrica renovável (ODS 13);
- g) preservação do meio ambiente (saneamento ambiental), por meio do aproveitamento de resíduos locais (ODS 13);
- h) iniciativas que incentivam o *scale-up* das tecnologias que necessitam do aumento do nível de maturidade tecnológica (ODS 8 e ODS 9);
- i) geração de dados confiáveis para possibilitar estudos de viabilidade econômica com enfoque no uso do biogás para produção de H<sub>2</sub> (ODS 9);
- j) desenvolvimento institucional da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e das demais instituições participantes da rede de pesquisa, pela geração de um *case* de sucesso, envolvendo diversas áreas do conhecimento (ODS 9), com formação de recursos humanos.



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

O principal resultado do projeto é a viabilização da produção descentralizada de hidrogênio renovável integrada ao seu uso, com relevância estratégica para os setores energético, agrícola e de transporte, em níveis nacional e internacional. A tecnologia pode ser aplicada em qualquer local com disponibilidade de biomassa residual. Dada a diversidade de matérias-primas no Brasil, a difusão do H<sub>2</sub> a custo competitivo se torna viável em todos os estados.

Na Tabela 1, encontram-se alguns dos resultados do NAPI H2.

Tabela 1 – Resultados do NAPI H2

Instituições participantes	7
Bolsistas vinculados	15 (pós-graduação)
Eventos organizados	3
Participação em eventos	17
Missões internacionais	1
Trabalhos publicados em eventos	26
Artigos publicados	17
Equipamentos adquiridos	5 (infraestrutura de laboratórios)
Parcerias	10 (empresas e universidades)
Empresas incubadas	1

Fonte: Autoria própria.

O NAPI H2 tem viabilizado a contratação de bolsistas de diferentes níveis, incluindo alunos de pós-graduação (mestrado e doutorado) e pesquisadores de pós-doutorado, atuando diretamente na pesquisa para o avanço tecnológico e a formação de recursos humanos qualificados. Ao todo, já foram cerca de 15 bolsistas de pós-graduação e pesquisadores de



pós-doutorado. Além disso, o projeto tem promovido o aprimoramento dos laboratórios das instituições envolvidas, com a aquisição de equipamentos para a melhoria da infraestrutura científica nesse setor e no estado. Entre os principais equipamentos já adquiridos, destacam-se cromatógrafos e reatores de bancada (Figura 3).

Figura 3 – Equipamentos adquiridos pelo NAPI-H2: (A) cromatógrafo gasoso e (B) reator de reforma



Fonte: Autoria própria.

A atuação do NAPI integra esforços de capacitação técnica, fortalecimento institucional e consolidação da pesquisa em hidrogênio no Paraná, promovendo um ambiente propício à inovação e formação de especialistas na área. Para acompanhamento do projeto, são realizadas reuniões periódicas para alinhamento de metas com relação ao desenvolvimento das pesquisas. Destaca-se a sinergia entre a infraestrutura laboratorial das instituições envolvidas.

Os laboratórios e as instituições participantes do NAPI H2 têm alcançado resultados relevantes no que se refere a parcerias estratégicas, investimentos e iniciativas de modernização. Na Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), pesquisas coordenadas pelo professor André Lazarin Gallina foram desenvolvidas em colaboração com a Universidade de Barcelona, resultando no avanço de catalisadores para hidrogênio renovável. Na UFPR, o professor Joel Gustavo Teleken aprimorou a infraestrutura



do Laboratório de Produção de Biocombustíveis, promovendo parcerias com o professor Rodrigo Brackmann, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), de Pato Branco, para utilização de serviços especializados.

As parcerias entre as universidades fortalecem a disseminação da pesquisa, além da troca de serviços de caracterização de materiais produzidos. O professor Carlos Eduardo Borba, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), teve a oportunidade de modernizar o Laboratório de Biologia de Sistemas e Simulação Computacional com softwares e computadores, avançando em tecnologias, em conjunto com o Laboratório de Materiais e Energias Renováveis (Labmater), da UFPR-Setor Palotina, como métodos de recuperação de hidrogênio via adsorção por oscilação de pressão. Na UTFPR de Curitiba, a professora Roberta Carolina Pelissari Rizzo Domingues reestruturou projetos voltados à produção de hidrogênio feitos no Laboratório de Desenvolvimento e Certificação de Ambientes de Teste, enquanto na Universidade Estadual de Londrina (UEL), sob coordenação da professora Deize Dias Lopes, foram realizados projetos financiados focados na valorização de resíduos.

No Labmater da UFPR-Setor Palotina, os professores Maurício Romani e Helton José Alves avançaram nos estudos sobre produção e utilização de hidrogênio de baixa emissão de carbono, firmando parcerias com empresas dos setores de tratamento de efluentes e eletrolisadores, além do compartilhamento de serviços laboratoriais com a UTFPR de Pato Branco e outras instituições. Esses resultados demonstram o forte impacto colaborativo e tecnológico para o avanço do hidrogênio renovável, incentivado pelo NAPI H2.

O professor Rodrigo Brackmann, da UTFPR de Pato Branco, desenvolve pesquisas em catálise heterogênea e adquiriu uma unidade reacional para testes catalíticos e um cromatógrafo (Figura 3B), enquanto o professor Lúcio Cardozo Filho, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), obteve por meio do projeto um cromatógrafo (Figura 3A) para avanços na pesquisa, além de parcerias com empresas privadas.

O NAPI H2 também tem se projetado por meio de eventos relevantes, como o Encontro Latino-Americano de Tecnologias de Hidrogênio, o NAPI Trinacional, o Summit Iguassu Valley e o Show Rural Coopavel,



fortalecendo a visibilidade das pesquisas desenvolvidas e ampliando o diálogo com diferentes setores da sociedade. Além de viabilizar o contato com outras instituições via participação ativa dos pesquisadores em eventos científicos, o NAPI H2, em apenas um ano de existência, já favoreceu parcerias importantes internacionais, como com a Universidade Politécnica da Catalunha (Espanha). Por meio dessa parceria, já foram realizados um workshop e várias reuniões de grande relevância para o grupo.

No âmbito político, o NAPI H2 favoreceu a relação com os poderes legislativo e executivo estadual, contribuindo para a criação da Lei n.º 21.454/2023, que incentiva o mercado de hidrogênio renovável no estado do Paraná, e da Lei n.º 14.948/2024, que institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono no Brasil.

Os pesquisadores envolvidos no NAPI H2 firmaram parcerias com empresas públicas e privadas para ampliar o alcance e a aplicabilidade das pesquisas desenvolvidas.



## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O produto principal do presente projeto se enquadra no âmbito de viabilização da descentralização da produção de H<sub>2</sub> renovável de forma integrada ao seu uso, apresentando grande relevância e abrangência estratégica ao futuro dos setores energético, agrícola e de transporte nacional e internacional, sendo aplicável em qualquer localidade com disponibilidade de biomassa residual. Desse modo, considerando que o Brasil é um país continental e com grande diversidade de matérias-primas, com destaque para as biomassas, uma vez que as tecnologias para a produção descentralizada de H<sub>2</sub> estejam disponíveis, é possível difundir o uso do hidrogênio a um custo competitivo em todos os estados da federação.

A proposta também prevê a criação da Rede Paranaense de Pesquisa em Hidrogênio, envolvendo instituições de ensino superior, instituições científicas, tecnológicas e de inovação, empresas e órgãos governamentais do Paraná, fortalecendo grupos de pesquisa, laboratórios e infraestrutura na área. Dessa forma, os principais entregáveis são:

- a) formação de recursos humanos especializados;
- b) desenvolvimento de ativos de ciência, tecnologia e inovação;
- c) intercâmbio de pesquisadores e alunos;
- d) realização de eventos técnico-científicos;
- e) desenvolvimento das potencialidades regionais do estado;
- f) integração com outras iniciativas nacionais e internacionais;
- g) interação com associações, governos e empresas do setor;
- h) desenvolvimento de rota tecnológica com DNA paranaense.

Pesquisadores, laboratórios e grupos de pesquisa estão se fortalecendo no tema do H<sub>2</sub>, expandindo o conhecimento acumulado e incrementando a infraestrutura adquirida no projeto por meio do NAPI H2. Artigos científicos estão sendo produzidos em conjunto, fruto das pesquisas desenvolvidas ou de estudos da rede em temas de interesse comum. O conhecimento gerado e a infraestrutura adquirida estão incrementando as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, elevando a qualidade das pesquisas e atualizando laboratórios para aulas práticas na graduação e pós-graduação.

---

## REFERÊNCIAS

ABDIN, Z. *et al.* Hydrogen as an energy vector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 120, 109620, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j>.



rser.2019.109620. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119308275?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

ARANTES, M. K. *et al.* Improvement of biohydrogen production from brewery wastewater: Evaluation of inocula, support and reactor. **International Journal of Hydrogen Energy**, [s. l.], v. 45, n. 8, p. 5216-5226, 14 fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.07.208>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319919328447?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

ARAVIND KUMAR, J. *et al.* A comprehensive review on bio-hydrogen production from brewery industrial wastewater and its treatment methodologies. **Fuel**, [s. l.], v. 319, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123594>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236122004598?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

BROWN, E. *et al.* Hydrothermal gasification of sisal wastes as an alternative to conventional gasification for hydrogen-rich gas production. **Energy Conversion and Management**, [s. l.], v. 339, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.119968>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890425004923?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

LI, J. *et al.* Investigations on sulfur poisoning mechanisms of a solid oxide fuel cell with niobium-doped ferrate perovskite anode. **Electrochimica Acta**, [s. l.], v. 335, 135703, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.135703>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013468620300943>. Acesso em: 1 set. 2025.

LUO, Q. *et al.* Mechanistic insights into hydrogen production from CaO-catalyzed lignin gasification: A ReaxFF MD and DFT study. **International Journal of Hydrogen Energy**, [s. l.], v. 145, p. 179-188, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.06.028>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360319925027971>. Acesso em: 1 set. 2025.

MARIMUTHU, A. *et al.* Fuelling the future: A review of non-renewable hydrogen production and storage techniques. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 188, 113791, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113791>. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032123006482>. Acesso em: 1 set. 2025.

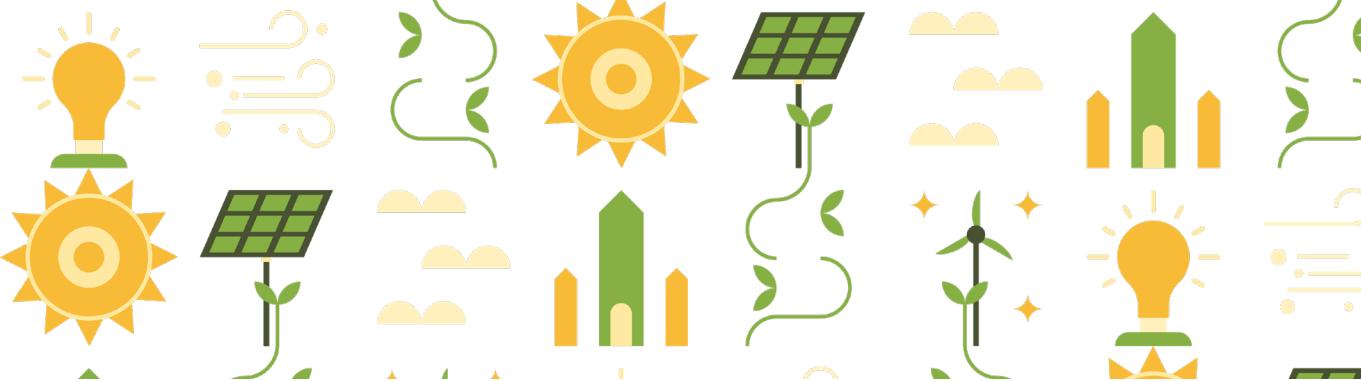


SAHINI, M. G.; LUPYANA, S. D. Perspective and control of cation interdiffusion and interface reactions in solid oxide fuel cells (SOFCs). **Materials Science and Engineering: B**, v. 292, 116415, jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2023.116415>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921510723001575?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

WIDERA, B. Renewable hydrogen implementations for combined energy storage, transportation and stationary applications. **Thermal Science and Engineering Progress**, [s. l.], v. 16, 100460, maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2019.100460>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451904919302628?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.

ZÜTTEL, A. Materials for hydrogen storage. **Materials Today**, [s. l.], v. 6, n. 9, p. 24-33, set. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(03\)00922-2](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(03)00922-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702103009222?via%3Dihub>. Acesso em: 1 set. 2025.





---

# NAPI Trinacional:

## desenvolvimento sustentável da Região Trinacional 2020–2040 (fase 2)

Samuel Klauck<sup>1</sup>  
Adriana Brandt Rodrigues<sup>2</sup>  
Cecilia Maria de Moraes Machado Angileli<sup>3</sup>  
Gustavo de Oliveira Vieira<sup>4</sup>  
Claudia Enrech-Xena<sup>5</sup>  
Lila Patrícia Voeffrey<sup>6</sup>  
Gilson Batista de Oliveira<sup>7</sup>  
Noelia Fernanda Mallorquin Ortellado<sup>8</sup>

---

221

- 
- 1 UNIOESTE - Foz do Iguçu; samuel.klauck@unioeste.br
  - 2 UNIOESTE e UFSC - Curitiba; adriana.brandt05@gmail.com
  - 3 UNILA - Foz do Iguçu; cecilia.angileli@unila.edu.br
  - 4 UNILA - Foz do Iguçu; gustavo.vieira@unila.edu.br
  - 5 L'Atelier, Saint-Andre-de-Majencoules - Gard, France; claudiaenrech@gmail.com
  - 6 Instituto Tecnológico Iguazú, Universidad Católica de Córdoba - Puerto Iguazú, Misiones, Argentina; profe.lila.voeffrey@gmail.com
  - 7 UNILA - Foz do Iguçu; gilson.oliveira@unila.edu.br
  - 8 Municipalidad de Ciudad del Este, Departamento de Alto Paraná, Paraguay; nfmallorquin@gmail.com

## Resumo

O Projeto Desenvolvimento Sustentável da Região Trinacional 2020–2040 (fase 2), conhecido como Napi Trinacional, tem como objetivo prover o território trinacional Argentina–Brasil–Paraguai e seus tomadores de decisão de conhecimentos, análises-chave e subsídios sólidos ao processo de integração e de desenvolvimento transfronteiriço sustentável, por meio da adocracia de pesquisadores que compreendem atores da quádrupla hélice – academia, empresas, governo e sociedade civil organizada – e da aplicação de pesquisa-ação. Apresenta como resultados: a consolidação de uma rede sólida de pesquisadores, entre eles alunos da graduação, líderes empresariais regionais, profissionais liberais e servidores públicos comprometidos com o planejamento e o desenvolvimento territorial sustentável; o apoio à consolidação do Conselho de Desenvolvimento Trinacional; a formação de lideranças táticas, compostas de atores-chave vinculados às administrações públicas municipais dos três países e outras importantes instituições do território; a análise dos impactos das grandes obras sobre a malha urbana trinacional; o suporte ao governo do estado na articulação da Zona de Integração do Centro-Oeste da América do Sul; e, por fim, análises que abrangem a mobilidade e a logística multimodal no eixo do Trópico de Capricórnio e tomam a região trinacional como sua centralidade.

**Palavras-chave:** metrópole trinacional sustentável; integração transfronteiriça; inovação territorial.

## Abstract

The Sustainable Development of the Trinational Region 2020–2040 project (phase 2), known as NAPI Trinacional, aims to provide the Argentina–Brazil–Paraguay Trinational Territory and decision-makers with key knowledge, analysis, and solid subsidies for the process of integration and sustainable cross-border development, through an adhocracy of researchers comprising actors from the quadruple helix – academia, business, government, and organized civil society – and the application of action research. Its results include the consolidation of a solid network of researchers, from undergraduate students to regional business leaders, liberal professionals, and civil servants committed to planning and sustainable territorial development; support for consolidating the Trinational Development Council; the training of tactical leaders, made up of key players linked to the municipal administrations of the three countries and other important institutions in the territory; the analysis of the impacts of major works on the trinational urban network; the support for the state government in the articulation of Central-West



South America Integration Zone; and, finally, analyses that cover mobility and multimodal logistics on the axis of the Tropic of Capricorn and take the trinational region as its centrality.

**Keywords:** sustainable trinational metropolis; cross-border integration; territorial innovation.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs), implementados em quase todas as regiões do estado do Paraná, baseiam-se no princípio de que o sistema de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) é um bem comum da sociedade (Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, 2019). Esses novos arranjos têm como condicionante de suas ações o desenvolvimento sustentável, por meio da integração de ativos de CT&I, para responder às demandas estratégicas de desenvolvimento do estado, articulando, em rede, agentes da quádrupla hélice, ou seja, academia, empresas, governo e sociedade civil organizada (Brandt *et al.*, 2022).

O NAPI Desenvolvimento Sustentável da Região Trinacional 2020–2040, ou simplesmente NAPI Trinacional, parte da compreensão de uma metrópole trinacional que deve ser sustentável, em perspectiva formada por municípios fronteiriços da Argentina, Brasil e Paraguai. Em sua segunda fase, canaliza esforços, em rede, de natureza intersetorial e multidisciplinar, para promover pesquisas e inovações subsidiando o estado do Paraná na tomada de decisão para o desenvolvimento dessa região trinacional por meio de um ambiente de pesquisa-ação inovador e dinâmico entre os agentes desse território. Abrange a reestruturação urbana, social e ambiental da região em curso, reforçada pela implantação de um *hub* de logística com ligação bioceânica (Brandt *et al.*, 2022).

Sustentada na pesquisa-ação e nos resultados da primeira fase do NAPI Trinacional (2020–2022), a sua continuidade (2023–2026) prioriza



eixos de conhecimento e procedimentos metodológicos definidos por uma rede colaborativa composta de representantes da quádrupla hélice – setores público, produtivo e de pesquisa e sociedade civil –. Decorre daí a proposição de um planejamento territorial sustentável construído pelos agentes integrados, por meio de processos colaborativos.

Nesse sentido, as ações do NAPI Trinacional, nos resultados e nas proposições, para as cidades da Região Trinacional – Foz do Iguaçu (Brasil), Ciudad del Este, Hernandarias, Presidente Franco e Minga Guazú (Paraguai) e Puerto Iguazú (Argentina) –, seguem a convergência de interesses dos países envolvidos e do equilíbrio entre a necessidade de desenvolvimento, a preservação e recuperação de áreas de importância ambiental, a valorização do patrimônio material e imaterial e a superação de processos de injustiça socioambiental.

Esse posicionamento é estratégico para a Região Trinacional do Iguaçu, já que esta se encontra em plena reestruturação urbana, ambiental e social, decorrente da implantação de grandes projetos urbanos e de infraestrutura sobre áreas sensíveis do ponto de vista social e ambiental. Destacamos como um dos desafios da região o avanço da mancha urbana rápida e sem planejamento adequado sobre assentamentos informais (populares, tradicionais ou originários) e unidades de conservação e fragmentos florestais importantes (parques nacionais do Iguaçu e Iguazú no Brasil e Argentina respectivamente, parques provinciais na Argentina, entre outras áreas).

Por fim, ressaltamos a sensibilidade ambiental e social da Região Trinacional quando enfatizamos processos desafiadores da hiperurbanização, que deve se intensificar nos próximos anos. Essa escolha está baseada em estudos sobre as situações emergenciais causadas por eventos naturais climáticos e que ampliam a sensibilidade do território trinacional, conforme o relatório da Universidade de Leeds, *Construindo desenvolvimento resiliente ao clima na bacia do Paraná* (Sakai et al., 2018).

Nesse relatório é apresentada uma série de fatores nas áreas urbanas que reduzem a capacidade de adaptação e resiliência desse território. Foram apontados como fatores de preocupação: a precariedade de parte do tecido urbano; a ausência de planejamento urbano adequado e de infraestruturas básicas, como drenagem urbana; e o custo da incapacidade



de gerenciamento das situações extremas climáticas. Sobre esse último ponto, o estudo apresenta um prejuízo de mais de 40 milhões de dólares durante o período de 2013–2017 nas cidades de Ciudad del Este, Foz do Iguaçu e Puerto Iguazú (Sakai *et al.*, 2018). Essa situação, segundo o relatório, é agravada por não existirem planos integrados entre os países, desde ações diagnósticas até ações propositivas para o gerenciamento dos riscos na região (Angileli *et al.*, 2022b).

A articulação e o suporte acadêmico ocorrem por meio de instituições de ensino e pesquisa, com destaque para a Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila, Brasil), a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste, Brasil), a Universidad Nacional del Este (Paraguai), a Universidad Nacional de Misiones (UNaM, Argentina), o Institut Mines-Tèlècom, da École Nationale Supérieure des Mines D’Alès (França), a Université Gustave Eiffel (França) e a Universidad Católica del Norte (Chile).

Ao longo do desenvolvimento do projeto, essas instituições contribuíram não apenas com sua posição mediadora entre diversos agentes do território, mas também com seu caráter transformador, na medida em que têm fomentado processos inovadores de eficiência científico-social, colaborando para o aprofundamento de reflexões baseadas em conhecimento cientificamente validado e promovendo formação qualificada para os múltiplos agentes da Região Trinacional (Angileli *et al.*, 2022a).



## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

A metodologia do NAPI Trinacional, orientada para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas ao suporte da futura implantação de uma metrópole trinacional sustentável, é a pesquisa-ação, com a organização da equipe de pesquisa como uma *adocracia*. Essa pesquisa-ação tem como

objetivo conduzir a produção de conhecimento de forma colaborativa, com base nas demandas reais de desenvolvimento (Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, 2019). Nesse sentido, consolidou-se uma rede de pesquisadores e instituições e adotou-se esse modelo para unir pesquisa e prática, desenvolvendo o conhecimento e a compreensão como parte da prática (Engel, 2000). Trata-se da metodologia adequada à equipe de pesquisa trinacional, transfronteiriça, composta da quádrupla hélice trinacional, ou seja, de pessoas da prática – dos setores produtivo e público e da sociedade – e da teoria (universidades).

Assim, pressupõe-se, por intermédio da pedagogia indutiva ateliê de projeto (Enrech-Xena; Brandt; Cherem, 2019), o aprendizado com a experiência. Essa pedagogia se apoia na metodologia da pesquisa-ação, tendo como ponto de partida uma situação social concreta a ser modificada, inspirando-se constantemente nas transformações e nos elementos que surgem durante o processo e sob a influência da pesquisa (Angileli, 2007).

Ainda como sustentação, no decorrer da execução, valoriza-se essa ação como um processo de educação para o planejamento territorial pela pesquisa-ação. Com isso, reforça-se a importância do reconhecimento das características dessa metodologia, que prevê também o redirecionamento de pontos de análise ou mesmo a inclusão de procedimentos de pesquisa não previstos, se assim for necessário. Essas definições estão de acordo com o que nos apresenta Pimenta (2005 *apud* Franco, 2005, p. 535):

A pesquisa-ação crítica considera a voz do sujeito, sua perspectiva, seu sentido, mas não apenas para registro e posterior interpretação do pesquisador, a voz do sujeito fará parte da tessitura da metodologia da investigação. Neste caso a metodologia não se faz através das etapas de um método, mas se organiza pelas situações relevantes que emergem do processo. Daí a ênfase no caráter formativo desta modalidade de pesquisa, pois o sujeito deve tomar consciência das transformações que vão correndo em si próprio e no processo.



É preciso dizer que escolher modelos não tradicionais metodológicos de pesquisa com roteiros completamente estruturados, a priori, não significa negar práticas consagradas, mas sim ter a liberdade de rever tradições de pesquisa e, quando necessário, reafirmá-las. Entende-se que o rigor científico está na coerência epistemológica, e não no cumprimento de um ritual de ações (Franco, 2005, Angileli, 2007).

Já em relação aos cuidados éticos, assinala-se que a pesquisa-ação teve início na década de 1940 no campo das ciências sociais pelo psicólogo alemão naturalizado americano Kurt Lewin. Ela refere-se ao procedimento reflexivo com a finalidade de compreender a realidade investigada objetivando a ação prática. Esse método de pesquisa focado na ação e na reflexão crítica parte de um processo cíclico, reflexivo e coletivo (Simões; Santiago, 2015).

Isso, por sua vez, leva ao que propõem McKay e Marshall (2001, *apud* Simões; Santiago, 2015) quando apresentam um diagrama de síntese dos passos relevantes para o desenvolvimento da pesquisa-ação:

- a) identificação do problema;
- b) recolhimento de materiais: fatos e pesquisa bibliográfica;
- c) planejamento da ação e possíveis soluções para os problemas;
- d) implementação da ação;
- e) monitoramento, reflexão crítica;
- f) avaliação dos efeitos da ação;
- g) aperfeiçoamento do plano de ação e mudanças;
- h) (re)implementação da ação.

Haja vista essa escolha metodológica, salienta-se que a ética na pesquisa não se restringe à relação entre os agentes envolvidos; ela deve abranger todo o processo de seu desenvolvimento. Destacam-se, com isso, alguns pontos importantes:



- a) o consentimento dos sujeitos em participar da pesquisa;
- b) a preservação da identidade e da integridade dos sujeitos;
- c) a interferência do pesquisador no ambiente ou no objeto de pesquisa;
- d) a divulgação dos resultados da pesquisa.

De ordem prática, seguindo a fundamentação elencada, organizaram-se os trabalhos por meio de grupos de pesquisa multidisciplinares, orientados por temas. Tais grupos atuam de forma transdisciplinar para aportar criatividade, tecnologia – em seu amplo sentido – e inovação à proposição de soluções aos desafios reais do território trinacional.



### 3 DESENVOLVIMENTO

228

O desenvolvimento das atividades do NAPI Trinacional é norteado pela organização dos pesquisadores e equipes de pesquisa por meio da *adocracia*, modelo administrativo orientado a um mundo pautado pela tecnologia, criatividade, espontaneidade e inovação, que demanda adaptabilidade e resposta rápida e efetiva a um desafio não rotineiro – *adocracia* é composta de *ad hoc* ou, para isso, algo pontual, e *kratos*, ou gerenciamento, governo –. Trata-se de um contraponto à burocracia que norteava a sociedade industrial, baseada em processos rotineiros e previsíveis (Bonin; Baade, 2017). Consiste, portanto, em uma forma de organização do trabalho que dá prioridade ao singular e ao momentâneo. “A organização flexível, emergente, temporária, denominada *adhocracia*, tem-se caracterizado pela reunião de grupos-tarefas para a resolução de problemas específicos” (Cury, 2000 *apud* Bonin; Baade, 2017).

No contexto metodológico apresentado, as atividades são executadas por grupos de pesquisa-ação multidisciplinares, orientados por temas. Os grupos atuam de forma transdisciplinar para aportar criatividade,

tecnologia – em seu amplo sentido – e inovação à proposição de soluções aos desafios reais do território trinacional. Os temas propostos são:

- a) território e sociedade;
- b) economia e transfronteirização;
- c) infraestrutura, logística e transportes sustentáveis.

É importante ressaltar que, para além desses grupos de pesquisa multidisciplinares estruturados, das reflexões propositivas e dos estudos desencadeados, havia a necessidade de se criarem linhas de pesquisa. As temáticas emergentes identificadas como prioritárias são desenvolvidas em células:

- a) ecossistemas territoriais de inovação e gestão do conhecimento;
- b) inovação e engenharia pedagógica;
- c) integração e interoperabilidade;
- d) empreendedorismo, educação profissional e inovação;
- e) economia criativa e turismo sustentável.

Também se destaca que a organização em *adocracia* (flexível, emergente, temporária) permite o desenvolvimento de pesquisas *ad hoc*, de forma que, se outras temáticas forem identificadas como necessárias ao longo da execução, poderão ser incorporadas – indo ao encontro do objetivo específico de adensar o NAPI Trinacional como plataforma de sustentação de projetos. Nesse sentido, fala-se de um planejamento em ondas sucessivas. À medida que o projeto avança, poderão ser demandadas novas células, ou mesmo a transformação de uma célula em mais um grupo de pesquisa.

Assim, uma das chaves do desenvolvimento do NAPI Trinacional é a governança, a ser liderada pela Fundação Araucária e compartilhada com universidades e instituições dos três países, sobretudo aquelas baseadas no território, como os conselhos de desenvolvimento.



Para o melhor desenvolvimento das atividades e o consequente alcance das metas e dos objetivos, o NAPI Trinacional sustenta-se em uma robusta equipe de pesquisa e apoio técnico e especializado. Nesse sentido, o pesquisador é compreendido como aquela pessoa orientada à procura da melhor maneira de tomar decisões a fim de alcançar os melhores resultados, seja ela acadêmica, seja profissional, seja servidora pública, seja empresária, seja líder comunitária. Portanto, do conjunto de pesquisadores, há desde alunos da graduação até líderes empresariais regionais, profissionais liberais e servidores públicos.

Por fim, destaca-se que o projeto integra a ação estratégica da Fundação Araucária e do Governo do Estado, da diretriz sociedade, educação e economia, que induz a formulação de contribuições que objetivem a constituição da cidadania plena. Essa dimensão da cidadania plena agrega a construção de um mundo sustentável, contribuindo para a realização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente o ODS 11 (Cidades Sustentáveis), em estreita colaboração com cidades inteligentes.



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

O projeto apresenta resultados e impactos substanciais. Inicialmente, destacam-se o fortalecimento e a ampliação de uma rede de integração urbana e territorial sustentável, congregando um conjunto importante de pessoas e instituições. A formação-ação reconhecida como Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável e Território Integrado da Região Trinacional do Iguaçu tem 20 alunos vindos das prefeituras de Foz do Iguaçu, Ciudad del Este, Presidente Franco, Hernandarias e Puerto Iguazú; dos conselhos de desenvolvimento das cidades de Foz do Iguaçu e Puerto Iguazú; do Parque Nacional do Iguaçu; do Paranacidade; da comunidade quilombola Apepu;

do Iguassu Valley; e do Conselho de Cultura de Foz do Iguaçu. Essa formação se debruça sobre desafios reais, com as premissas de debater, construir diagnósticos e apresentar soluções às instituições do território, conhecidas como demandantes. Por meio dessa ação, o projeto já atendeu a demandas do Conselho de Desenvolvimento Trinacional (Codetri), da Prefeitura de Foz do Iguaçu, do Parque Nacional do Iguaçu, da municipalidade de Eldorado, da Facultad de Ciencias Forestales da UNaM, da Associação de Moradores do Bairro Novo Horizonte e do Espaço Cultural A Casa – as duas últimas de Foz do Iguaçu.

Adicionalmente, o NAPI tem articulado ações convergentes com outros projetos, agências e instituições de pesquisa conforme temas afins. Um resultado objetivo foi a realização do Seminário Internacional da Amazônia ao Capricórnio: da Integração Geopolítica à Integração Climática em 2024, por meio do qual pesquisadores de outras regiões do continente e de outros NAPIs intercambiaram conhecimentos. Além disso, apresentou como resultados objetivos o adensamento das relações com outros NAPIs, como Biodiversidade, Emergência Climática, H<sub>2</sub>, e com outras instituições de ensino superior do Paraná, Paraguai e de outros estados fronteiriços brasileiros, como Pará e Mato Grosso do Sul. Decorrem disso ações interNAPIs, com destaque à aproximação com o NAPI Biodiversidade em relação à regeneração florestal, em parceria com a Facultad de Ciencias Forestales da UNaM.

Ainda, o NAPI Trinacional consolida-se como o apoio tático e laboratorial de integração da Fundação Araucária em relação ao Eixo de Capricórnio na América do Sul e região compreendida pela Zona de Integração do Centro-Oeste da América do Sul (Zicosul). A Zicosul é uma rede composta de entes subnacionais de Peru, Bolívia, Chile, Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil, e vem sendo presidida, desde 2023, pelo Paraná – o presidente *pro tempore* da Zicosul é o governador do estado e a Secretaria Executiva é exercida pela Secretaria de Planejamento. O Paraná também preside a Comissão de CT&I da Zicosul, e, por meio dessa comissão, liderada pela Fundação Araucária, inovações estão sendo propostas, como o planejamento baseado em evidências e a compreensão de que a CT&I deve estar a serviço do bem-estar da população e da solução de problemas práticos.



Nesse sentido, a Fundação Araucária, tendo o NAPI Trinacional como suporte técnico, tem firmado memorandos de entendimento com instituições congêneres na Argentina, especificamente com as províncias fronteiriças de Jujuy e Salta e com a província histórica de Tucumán. Também firmou um memorando com o Conselho de CT&I da Argentina e está em tratativas com outras províncias argentinas. Com as províncias já parceiras, há agendas de trabalho conjuntas no segundo semestre de 2025. Desse modo, sendo o Paraguai um estado unitário, está em tramitação um memorando com o Conselho de CT&I, a ser firmado no segundo semestre de 2025.

Não obstante, o adensamento da rede e de suas derivadas, o trabalho dos grupos de pesquisa-ação segue conforme o planejado. O Grupo de Pesquisa Território e Sociedade debruça-se sobre o estudo dos impactos do corredor bioceânico no território, notadamente no que tange à compreensão da transformação da paisagem, do perimetral leste em Foz do Iguaçu e do corredor metropolitano no Paraguai – como espelhos e continuidade –. Traz impactos significativos na geração de robusta cartografia, desde a região urbana trinacional chegando ao Eixo de Capricórnio, na América do Sul, mas também a África e Oceania, em elaboração e atualização.

O Grupo de Pesquisa Economia e Transfronteirização realizou um trabalho de organização documental do Codetri e proporcionou todo o suporte científico para a institucionalização do conselho nos três países. O Codetri passou a ter um marco legal, um termo de cooperação, que descreve suas atividades e seu modo de funcionamento, incluindo informações quanto à participação e escolha da direção, e define o conselho como um colegiado formado por voluntários. São signatários do termo de cooperação os conselhos de Ciudad del Este, Foz do Iguaçu, Presidente Franco e Puerto Iguazú, resguardada a opção de adesão de outras localidades da região. Como consequência do aprofundamento dos trabalhos no território, foi identificada a necessidade de uma nova turma de pós-graduação com foco na governança da metrópole trinacional sustentável, e o Grupo de Pesquisa Economia e Transfronteirização é o ponto focal para a proposição dessa nova turma, a ser lançada em 2026. O desenho e reconhecimento do curso estão em andamento no decorrer do ano de 2025.



Já o Grupo de Pesquisa Infraestrutura e Logística Sustentável tem estudado principalmente o transporte ferroviário e o corredor multimodal já estabelecido no eixo do Trópico de Capricórnio, entre Paranaguá e os portos do Norte do Chile. Importa ressaltar que a Rota de Capricórnio, proposta pelo governo federal brasileiro, compreende tanto a bioceânica ferroviária, da qual fazem parte os trilhos já em funcionamento entre Paranaguá e Cascavel, quanto os trilhos em plena operação, desde Resistência (Argentina) até Antofagasta (Chile), passando por Salta (Argentina). Da mesma forma, contempla os corredores rodoviários, desde São Paulo até o Paraná.

Por fim, decorrente das atividades do NAPI e da necessidade de popularização dos resultados, estabeleceu-se uma parceria com o H2FOZ, portal de notícias que tem em média 21.500 acessos diários, para a edição de um suplemento científico, que vem sendo publicado desde abril de 2025. Trata-se de uma ação robusta de divulgação científica e de tradução das pesquisas para um público que não tem acesso a publicações acadêmicas, ou interesse por elas, mas que é diretamente impactado pelas pesquisas desenvolvidas nas universidades e nesse arranjo em hélice quádrupla.



---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O estágio de desenvolvimento e os resultados do projeto auxiliam na compreensão da importância de se valorizarem elementos em jogo na Região Trinacional por parte dos municípios, que demandam expressamente apoio para a revisão e elaboração de seus planos diretores, impactando diretamente no planejamento territorial, em uma perspectiva integrada. Ainda, trazem a perspectiva do aumento do entendimento por parte do setor produtivo trinacional, que lidera o Codetri, acerca dos múltiplos fatores envolvidos na integração transfronteiriça e na necessidade de CT&I em amplo escopo, que

pode propiciar o desenvolvimento econômico e aumentar a atratividade territorial de acordo com as diretrizes da sustentabilidade.

Concomitantemente, do conjunto de pesquisadores já integrados, prospecta-se o fortalecimento da rede trinacional para a integração sustentável, com a participação de novos agentes, como quilombolas, e ampliação significativa de pesquisadores da quádrupla hélice de outras regiões sul-americanas, mais distantes da metrópole trinacional.

O dever do projeto apresenta como perspectiva a realização de pesquisas conjuntas, com base na premissa de que a Região Trinacional é um laboratório de integração transfronteiriça, com economia diversificada, cujo desenvolvimento se fundamenta na bioeconomia – água, energia e produção de alimentos; conservação e restauração da biodiversidade –, no turismo, especialmente de natureza, e nos serviços de educação.



## REFERÊNCIAS

ANGILELI, C. M. M. M. **Paisagens reveladas no cotidiano da periferia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16135/tde-04082010-162238/pt-br.php>. Acesso em: 5 ago. 2025.

ANGILELI, C. M. M. M. *et al.* Educar para planejar e planejar para educar: o caso da Região Trinacional do Iguaçu. In: ASSUMPCÃO, S. B. *et al.* (org.). **Desenvolvimento sustentável da Região Trinacional do Iguaçu**: discursos, interfaces, disputas e conquistas. Foz do Iguaçu: Claec, 2022a. p. 25-61.

ANGILELI, C. M. M. M. *et al.* Planejamento territorial sustentável para a Região Trinacional. In: ASSUMPCÃO, S. B. *et al.* (org.). **Região Trinacional do Iguaçu**: encontros, desafios e potencialidades para o desenvolvimento sustentável. Foz do Iguaçu: Claec, 2022b. p. 141-174.

BONIN, J. C.; BAADE, J. H. Adhocracia: um modelo possível de administração. **Revista Visão: Gestão Organizacional**, Caçador, v. 6, n. 1, p. 40-50, 2017. DOI: <https://doi.org/10.33362/visao.v6i1.1139>. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/visao/article/view/1139>. Acesso em: 1 set. 2025.

BRANDT, A. *et al.* O Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação – NAPI Desenvolvimento Sustentável da Região Trinacional: contexto, realizações e perspectivas. *In: ASSUMPCÃO, S. B. et al. (org.). Região Trinacional do Iguaçu: encontros, desafios, potencialidades.* Foz do Iguaçu: Claec, 2022. p 12-34. Disponível em: <https://publicar.claec.org/index.php/editora/catalog/book/79>. Acesso em: 5 ago. 2025.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba, n. 16, p. 181-191, 2000.

ENRECH-XENA, C.; BRANDT, A.; CHEREM, M. Développer les compétences essentielles pour atteindre les ODD chez les professionnels de l'aménagement du territoire et les décideurs de la Région Trinationale Brésil-Argentine-Paraguay. *In: COLLOQUE FECODD*, 2019, Paris. **Annales** [...]. Paris: REUNIFEED, 2019. Disponível em: <http://fecodd.fr/index.php/colloques/colloque-des-9-et-10-juillet-2019/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da pesquisa-ação. **Em Foco: Pesquisa-ação sobre a Prática Docente**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, set./dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/DRq7QzKG6Mth8hrFjRm43vF/?lang=pt>. Acesso em: 1 set. 2025.

FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Nota técnica da Fundação Araucária n.º 01/2019.** Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação – NAPI. Curitiba: Fundação Araucária, 2019. Disponível em: [https://www.fappr.pr.gov.br/sites/fundacao-arau-caria/arquivos\\_restritos/files/documento/2022-07/nota\\_001\\_napi.pdf](https://www.fappr.pr.gov.br/sites/fundacao-arau-caria/arquivos_restritos/files/documento/2022-07/nota_001_napi.pdf). Acesso em: 5 ago. 2025.

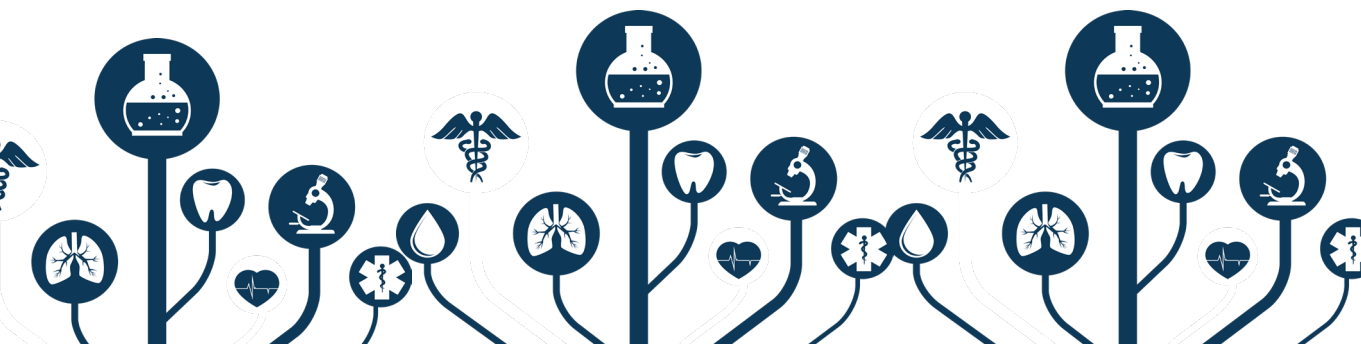
SAKAI, P. *et al.* **Triangle-city cooperation: building climate-resilient development in the Parana basin.** Leeds: University of Leeds, 2018. 1 documento. Disponível em: <https://triangle-city.leeds.ac.uk/investigacion/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

SIMÕES, T. L. P.; SANTIAGO, P. F. **A pesquisa-ação e seus desafios éticos.** *In: NAS NUUVENS*, 1., 2015. **Anais** [...]. [S. l.]: [s. n.], 2015. Disponível em: <https://musicanas-nuuvens.weebly.com/a-pesquisa-accedilatildeo-e-seus-desafios-eacuteticos.html>. Acesso em: 5 ago. 2025.



# **Ecosistema de Inovação: Saúde**





---

# NAPI Genômica

David Livingstone Alves Figueiredo<sup>1</sup>

Roberto Hirochi Herai<sup>2</sup>

Taciane Finatto<sup>3</sup>

Angélica Beate Winter Boldt<sup>4</sup>

Luciane Regina Cavalli<sup>5</sup>

Sergio Paulo Dejato da Rocha<sup>6</sup>

Juliana Sartori Bonini<sup>7</sup>

Andrea Name Colado Simão<sup>8</sup>

Lidiane Aparecida Fernandes<sup>9</sup>

Camila Rickli<sup>10</sup>

---

237

---

1 UNICENTRO; IPEC - Guarapuava; davidlafigueiredo@gmail.com

2 PUC-PR - Curitiba; rherai@gmail.com

3 UTFPR - Pato Branco; tfinatto@utfpr.edu.br

4 UFPR - Curitiba; angelicaboldt@gmail.com

5 IPP - Curitiba; luciane.cavalli@pelepequenoprincipe.org.br

6 UEL - Londrina; rochaspd@uel.br

7 UNICENTRO - Guarapuava; juliana.bonini@gmail.com

8 UEL - Londrina; deianame@uel.br

9 UNICENTRO - Guarapuava; libiomed10@gmail.com

10 UNICENTRO - Guarapuava; camilarickli@gmail.com

## Resumo

O Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação (NAPI) em Genômica configura-se como uma iniciativa estratégica e inovadora para o enfrentamento de desafios estruturais do estado do Paraná nas áreas da saúde, agricultura e meio ambiente, por meio da construção de redes colaborativas em genômica humana, animal e ambiental. A ação integra 230 pesquisadores de 23 instituições científicas paranaenses organizados em subarranjos temáticos e sob governança multinível com metodologias ágeis de gestão. O programa estruturante Genomas Paraná, lançado em 2021, propõe o sequenciamento de uma corte representativa da população paranaense, integrando dados clínicos, epidemiológicos e digitais. Seu sucesso culminou na incorporação ao Programa Genomas SUS, do Ministério da Saúde, com o reconhecimento do centro de Guarapuava como um dos oito centros âncora nacionais. Associado ao projeto, consolidou-se o ecossistema Vale do Genoma, articulando academia, setor produtivo, governo e sociedade civil em torno da medicina e agricultura de precisão. O NAPI Genômica também contribuiu para ações de vigilância genômica durante a pandemia de covid-19, bem como para o desenvolvimento de tecnologias aplicadas à agropecuária sustentável. Entre os impactos observados, destacam-se: a produção científica e técnica expressiva, a formação de recursos humanos, a criação de laboratórios e a geração de dados genômicos inéditos. O capítulo descreve a estrutura, os fundamentos e os resultados do NAPI Genômica, discutindo suas contribuições para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e suas perspectivas de expansão, consolidação institucional e inserção nacional e internacional no decorrer desta e da próxima década.

**Palavras-chave:** genômica; inovação; medicina de precisão; políticas públicas; ecossistemas de inovação.

## Abstract

The Genomics Innovation and Research Network (NAPI Genômica) is a strategic and innovative initiative aimed at addressing structural challenges in the state of Paraná, Brazil, in the fields of health, agriculture, and environment, through the establishment of collaborative networks in human, animal, and environmental genomics. The initiative brings together 230 researchers from 23 scientific institutions in Paraná, organized into thematic sub-arrangements and governed through multilevel governance with agile management methodologies. The structuring program Genomas Paraná, launched in 2021, proposes to sequence a representative cohort of Paraná's population, integrating clinical, epidemiological,



and digital data. Its success led to its incorporation into the Programa Genomas SUS of the Brazilian Ministry of Health, with the recognition of the Guarapuava center as one of the eight national anchor centers. In association with the project, the Vale do Genoma (Genomic Valley) ecosystem was consolidated, connecting academia, the productive sector, government, and civil society around precision medicine and agriculture. NAPI Genômica has also contributed to genomic surveillance efforts during the COVID-19 pandemic, as well as to the development of technologies applied to sustainable agriculture and livestock. Notable impacts include significant scientific and technical output, human resource training, establishment of laboratories, and generation of novel genomic data. This article describes the structure, foundations, and outcomes of NAPI Genômica, discussing its contributions to the Sustainable Development Goals and its prospects for expansion, institutional consolidation, and national and international engagement over the current and upcoming decades.

**Keywords:** genomics; innovation; precision medicine; public policy; innovation ecosystems.



---

## 1 INTRODUÇÃO: O CONTEXTO GLOBAL E A EMERGÊNCIA DE SOLUÇÕES LOCAIS

Iniciativas internacionais como o UK Biobank, o All of Us Research Hub e o GenomeAsia 100K têm demonstrado o potencial transformador da genômica populacional para a medicina, agricultura e saúde pública, no entanto a representatividade genômica latino-americana ainda é extremamente limitada, o que compromete a equidade na geração de conhecimento e na aplicação da medicina de precisão. Como afirmou Francis Collins (2008 *apud* Joyner; Paneth, 2019), diretor do National Institutes of Health (NIH) e líder do Projeto Genoma Humano: “A medicina do futuro será preventiva, proativa e personalizada — baseada na biologia de cada indivíduo e não apenas em médias populacionais”.

Diante desse cenário, o estado do Paraná instituiu, em 2020, o NAPI Genômica, um Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação apoiado pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná e pela Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (Seti). Ele é voltado à construção de um ecossistema de pesquisa e inovação em genômica com base na colaboração entre universidades, governo, setor produtivo e sociedade civil e busca construir soluções integradas e representativas para o Brasil do território paranaense.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL



240

---

### 2.1 A MEDICINA DE PRECISÃO POPULACIONAL E A ABORDAGEM P4

Inspirado na proposta de Hood e Friend (2011), o NAPI Genômica busca aplicar a medicina P4 – personalizada, preditiva, preventiva e participativa – de acordo com a realidade genética da população paranaense. A miscigenação intensa e as variações regionais exigem abordagens específicas e adaptadas, reforçando a necessidade de coortes locais e dados populacionais de base.

---

### 2.2 INOVAÇÃO E O MODELO DA QUÁDRUPLA HÉLICE

O modelo teórico-operacional do NAPI está alicerçado na quádrupla hélice da inovação (Etzkowitz; Zhou, 2018), que articula universidade,

empresa, governo e sociedade civil. Essa articulação viabilizou a criação do Vale do Genoma, ecossistema de inovação instalado em Guarapuava que potencializa sinergias entre ciência, tecnologia e impacto social.

---

### 2.3 MODELO DE GOVERNANÇA E INOVAÇÃO EM REDE: ESTRUTURA COLABORATIVA E MULTINÍVEL

A governança do NAPI Genômica foi concebida com base em modelos contemporâneos de gestão de inovação em rede, ancorada na filosofia de governança multinível e colaborativa. Essa estrutura permite a articulação entre diferentes atores institucionais, setores de conhecimento e níveis decisórios, promovendo agilidade, transparência e adaptabilidade às necessidades emergentes da sociedade paranaense.

O modelo inclui um comitê executivo, responsável por decisões estratégicas e pela articulação geral entre os subarranjos temáticos; um conselho consultivo, composto de especialistas de diversas áreas, que avalia o progresso do NAPI e orienta suas diretrizes; e as coordenações de subarranjos, que operam de forma descentralizada e especializada, refletindo a diversidade temática do projeto – como câncer, doenças raras, autoimunidade, agricultura e meio ambiente etc. –.

Já o Genomas Paraná, como programa estruturante vinculado ao NAPI Genômica, opera sob um modelo de governança técnica e operacional integrada. Ele conta com núcleos operacionais locais – como o Centro de Genômica de Guarapuava, credenciado como Centro Âncora do Genomas SUS –, comitês de ética e proteção de dados, além de *squads* multidisciplinares responsáveis por áreas críticas como consentimento informado, curadoria de dados clínicos e integração com prontuários eletrônicos. O uso de metodologias ágeis como Scrum, OKRs (Doerr, 2018) e *design thinking* fortalece a flexibilidade do modelo, permitindo respostas rápidas a desafios técnicos, regulatórios e operacionais.



Esse arranjo permite a implementação de um fluxo contínuo entre coleta de amostras, processamento genético, análise bioinformática e retorno de dados úteis para pesquisa, ensino, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas. A governança orientada por valores públicos, ciência aberta e impacto social é um dos pilares do sucesso do NAPI Genômica e do Genomas Paraná.

---

## 3 DESENVOLVIMENTO: ESTRUTURA, FLUXO DE TRABALHO E MARCOS



242

---

### 3.1 ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO

O NAPI Genômica está estruturado em três grandes grupos temáticos com projetos norteadores e satélites, envolvendo 230 pesquisadores e 23 instituições parceiras, entre elas Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Universidade Estadual de Londrina (UEL), a Universidade Estadual de Maringá (UEM), a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), a Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila), o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR) e o Instituto de Pesquisa Pelé Pequeno Príncipe (IPP).

---

## 3.2 PROGRAMA GENOMAS PARANÁ: ESTRUTURA, COORTE POPULACIONAL E OPERACIONALIZAÇÃO

O Programa Genomas Paraná constitui o principal braço operacional do NAPI Genômica, com foco em genômica humana populacional aplicada à saúde de precisão. Lançado em 2022 como parte da estratégia estadual de ciência, tecnologia e inovação, o programa visa sequenciar e interpretar os genomas de uma coorte representativa da população paranaense, em consonância com as diretrizes do Programa Genomas SUS, do Ministério da Saúde.

A operacionalização do Genomas Paraná está baseada na articulação entre 23 instituições científicas e um robusto ecossistema territorial centrado no Vale do Genoma, em Guarapuava. O programa já processou mais de seis mil amostras biológicas, com consentimento informado ampliado, coleta de dados clínicos e epidemiológicos e tecnologia de ponta em bioinformática e sequenciamento de nova geração (NGS). As análises genéticas incluem a detecção e classificação de variantes germinativas, painéis de suscetibilidade, associação com farmacogenômica e geração de ferramentas de estratificação de risco.

O fluxo de trabalho é estruturado em etapas interdependentes:

- a) sensibilização da população e capacitação da atenção primária;
- b) triagem e coleta de amostras;
- c) sequenciamento em laboratórios parceiros;
- d) curadoria e integração de dados clínico-genômicos;
- e) análise de bioinformática e devolutiva estruturada dos resultados, com acompanhamento de comitês de ética e governança de dados.

Além da infraestrutura técnica, o Genomas Paraná incorpora diretrizes de ciência aberta, interoperabilidade de dados com o Sistema Único de Saúde (SUS) e ferramentas digitais para o monitoramento em tempo



real dos participantes. Um diferencial do programa será a utilização de *smartwatches*, questionários validados e aplicativos móveis para coleta longitudinal de dados comportamentais e ambientais, integrando informações multiescalares em análises baseadas no ciclo de vida.

O programa conta com o apoio direto da Fundação Araucária e da Seti, bem como com parcerias com o Decit, do Ministério da Saúde, e empresas de tecnologia e sequenciamento. Os resultados esperados incluem não apenas avanços científicos e inovações diagnósticas, mas também insumos para políticas públicas baseadas em evidências genômicas e epigenômicas, respeitando os princípios da equidade, diversidade e inclusão genética.

---

### 3.3 OUTROS PROJETOS E INICIATIVAS

Diversos projetos de pesquisa básica e aplicada estão diretamente vinculados ao NAPI Genômica, sob coordenação direta dos membros do NAPI. A seguir, são listados alguns dos projetos em execução:

- a) investigação genética e molecular de síndromes do neurodesenvolvimento: com o objetivo de identificar modificações moleculares e fenótipos celulares por mutações genéticas patogênicas que causam síndromes do neurodesenvolvimento, o estudo visa identificar alterações moleculares e fenótipos celulares associados a mutações patogênicas envolvidas em síndromes do neurodesenvolvimento, por meio de abordagens bioinformáticas. Serão utilizadas bases de dados públicas genômicas e transcriptômicas para análise integrada de variantes genéticas e seus impactos funcionais. Ferramentas computacionais serão aplicadas para prever efeitos de mutações e priorizar alvos relevantes. A abordagem busca avançar na compreensão dos mecanismos moleculares dessas síndromes com base em dados secundários de larga escala, que serão integrados com os dados populacionais do NAPI Genômica. O coordenador do projeto é o doutor Roberto Hirochi Herai, da PUC-PR;



- b) aplicação de biologia de sistemas para o estudo de correlação genótipo-fenótipo de síndromes de deleção e duplicação do cromossomo 9p: com o objetivo de aplicar abordagens de biologia de sistemas para investigar as correlações genótipo-fenótipo em síndromes associadas a deleções e duplicações no braço curto do cromossomo 9 (9p), integrando dados genômicos, transcriptômicos e clínicos de bases públicas, o projeto propõe o uso de biologia de sistemas para explorar as relações entre alterações genômicas no cromossomo 9p e os fenótipos clínicos associados a síndromes de microdeleção e microduplicação. Serão integradas informações de bancos públicos e do Genomas Paraná geradas pelo NAPI Genômica, incluindo variantes genéticas, perfis de expressão gênica e dados clínicos. Análises em rede e modelagens computacionais permitirão identificar genes-chave, vias moleculares afetadas e padrões fenotípicos recorrentes. O estudo busca compreender como diferentes regiões do 9p impactam o desenvolvimento neurológico e outros sistemas. A abordagem pode contribuir para diagnósticos mais precisos e hipóteses terapêuticas. O coordenador do projeto é o doutor Roberto Hirochi Herai, da PUC-PR;
- c) estudo epidemiológico de distúrbios do neurodesenvolvimento associados com alterações no cromossomo 9p: por meio de um estudo epidemiológico em uma coorte de indivíduos com distúrbios do neurodesenvolvimento, análises citogenéticas, moleculares e bioinformáticas em trios familiares, o projeto objetiva identificar e correlacionar alterações genéticas no cromossomo 9p com manifestações clínicas. Serão coletadas amostras de sangue para cariotipagem e de saliva para sequenciamento genético direcionado. As variantes e alterações cromossômicas mapeadas serão analisadas com ferramentas de bioinformática e correlacionadas com dados clínicos por meio de métodos epidemiológicos e também comparadas e integradas com os dados gerados pelo NAPI Genômica. A abordagem integrativa permitirá a identificação de padrões genótipo-fenótipo associados ao 9p. Espera-se contribuir para o reconhecimento de marcadores genéticos relevantes ao diagnóstico e aconselhamento genético. O coordenador do projeto é o doutor Roberto Hirochi Herai, da PUC-PR;
- d) desenvolvimento de um classificador molecular de precisão para a predição de risco de recorrência em câncer de mama, baseado na integração de múltiplas ômicas. O câncer de mama é o tumor mais comum entre as mulheres. Sua complexidade e heterogeneidade, evidenciadas pelos diversos subtipos e características moleculares, resultam em respostas



variadas aos tratamentos disponíveis. No Brasil, os tumores do subtipo luminal (receptores hormonais positivos e HER2-negativo) representam mais de 60% dos casos e são tratados com terapias hormonais, radioterapia e quimioterapia. Embora essas abordagens sejam eficazes na redução do risco de recorrência, definida como o reaparecimento do tumor, localmente, regionalmente ou a distância, após tratamento, em cinco anos, ainda apresentam desafios significativos por conta da resistência aos medicamentos e das recidivas. Assim, a medicina de precisão emerge como uma estratégia inovadora para a estratificação de pacientes e a otimização dos tratamentos, com o potencial de aumentar a eficácia terapêutica e minimizar os efeitos colaterais indesejáveis. O tratamento quimioterápico apresenta custo elevado, sendo oneroso para o SUS, principalmente para mulheres que são diagnosticadas em estágios avançados que requerem regimes quimioterápicos intensivos e combinados. Evidências apontam que mulheres brasileiras são com frequência diagnosticadas em estágios mais avançados e em idades mais jovens que mulheres de países de alta renda. Portanto, o planejamento terapêutico precoce é crucial para melhorar as chances de sobrevivência, cura, qualidade de vida, efetividade de custos e redução de comorbidades ligadas à toxicidade decorrente da quimioterapia. Nesse contexto, a identificação precoce das pacientes que não se beneficiarão da quimioterapia, considerando o risco de recorrência, é de grande importância clínica e econômica. O teste de referência Oncotype Dx, desenvolvido nos Estados Unidos, avalia o prognóstico e prediz o benefício da quimioterapia em pacientes com câncer de mama luminais e em estágios iniciais (linfonodos negativos), no entanto esse teste foi desenvolvido com base em metodologias de resolução e cobertura genômica limitada, não capturando as inúmeras alterações genéticas que compõem o genoma, transcriptoma e metiloma tumoral, que conjuntamente impactam a recorrência tumoral. Assim, o objetivo geral desta proposta é desenvolver um produto inovador para prever ao diagnóstico o risco de recorrência de pacientes com câncer de mama do subtipo luminal em estágios iniciais (sem metástases), visando a um tratamento mais preciso e adequado. O desenvolvimento desse teste é um progresso em direção à incorporação da saúde de precisão para a seleção do tratamento de pacientes com câncer de mama. Finalmente, o desenvolvimento desse teste oferece tecnologia de ponta e nacional e um protocolo operacional viável para incorporação no SUS, com custo acessível, promovendo a democratização do produto e facilitando o acesso às pacientes. Os



integrantes da equipe são: doutora Luciane Regina Cavalli, do IPP (coordenadora); doutora Adriane Feijó Evangelista, do Instituto para Pesquisa do Câncer (Ipec); doutora Aline Simoneti Fonseca, do IPP; doutora Carolina Panis, da Unioeste; doutora Daiane Rosolen, do IPP; doutora Daniela Gradia, da UFPR; doutor David Livingstone Alves Figueiredo, do Ipec; doutora Enilze Maria de Souza Fonseca Ribeiro, da UFPR; doutora Jaqueline Carvalho de Oliveira, da UFPR; doutora Juliane Serpeloni, da UEL; doutora Karen Brajão de Oliveira, da UEL; doutor Luís Gustavo Morello, do Ipec; e doutora Roberta Losi Guembarovski, da UEL;

- e) microbioma de esgotos hospitalares no Paraná: diversidade, resistência aos antimicrobianos e inovações para a saúde pública sustentável. Objetivando investigar a diversidade microbiana presente nos esgotos de hospitais de diferentes portes no estado do Paraná, a pesquisa foca na identificação de microrganismos patogênicos e multirresistentes, visando à criação de ferramentas preditivas que promovam saúde pública e sustentabilidade. Os esgotos hospitalares contêm alta carga de microrganismos, incluindo patógenos multirresistentes a antimicrobianos, que representam uma ameaça significativa à saúde pública e ao meio ambiente. Ao longo de 36 meses, o projeto mapeará a microbiota desse esgoto, criando um banco de dados genéticos que permitirão a análise profunda da presença de patógenos e genes de resistência. Com base nesses dados, será desenvolvido um software modelo preditivo capaz de prever surtos de doenças infectocontagiosas e indicar o uso excessivo de antimicrobianos, possibilitando ações preventivas mais eficazes. Essa tecnologia auxiliará gestores de saúde pública no controle de infecções, promovendo um uso mais racional de antibióticos e ajudando a combater a crescente ameaça da resistência microbiana. O coordenador é o professor doutor Sérgio Paulo Dejato da Rocha, da UEL.



---

### 3.4 MARCOS INSTITUCIONAIS

2020: Criação do NAPI Genômica;

2021: Início do Genomas Paraná;

2022: Estruturação do Vale do Genoma;

2023: Credenciamento no Genomas SUS;

2024: Seis mil amostras genômicas processadas e estruturação do subarranjo agrogenômica e da rede de pesquisa agrogenômica.

---

### 3.5 O VALE DO GENOMA: UM ECOSISTEMA TERRITORIAL DE INOVAÇÃO EM GENÔMICA

O Vale do Genoma é uma iniciativa territorial baseada na cidade de Guarapuava que simboliza e materializa o modelo de quádrupla hélice promovido pelo NAPI Genômica. Trata-se de um ecossistema de inovação que integra governo, universidades, setor produtivo e sociedade civil voltado ao desenvolvimento de soluções em genômica e saúde de precisão.

A implantação do Vale do Genoma contou com forte articulação entre o NAPI Genômica, a prefeitura de Guarapuava, instituições de ensino superior e empresas locais, resultando na criação de um espaço físico e simbólico para a articulação de ações estratégicas. Em 2023, o vale foi reconhecido nacionalmente ao ser credenciado pelo Ministério da Saúde como um dos oito centros âncora do Programa Genomas SUS, sendo responsável pela coleta, sequenciamento, análise e devolutiva de dados genômicos em uma coorte representativa da população paranaense.

O local abriga ainda ações de formação profissional, extensão universitária, educação científica e letramento genético para a comunidade. É também sede de encontros nacionais e internacionais promovidos pelo NAPI Genômica, reunindo pesquisadores, gestores públicos, estudantes e *startups*. Com mais de 6 mil amostras já sequenciadas e estrutura tecnológica de ponta, o Vale do Genoma tem potencial de se consolidar como um modelo replicável de inovação em saúde e agricultura de precisão para o Brasil e a América Latina.



---

### 3.6 SAÚDE AVANÇADA COM BIG DATA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (SABIÁ): PLATAFORMA PARA MEDICINA DE PRECISÃO E CICLO DE VIDA

Uma das inovações mais promissoras em desenvolvimento no âmbito do NAPI Genômica é a criação do Saúde Avançada com Big Data e Inteligência Artificial (Sabiá), um *data lake* estadual voltado à integração de dados genômicos, clínicos, epidemiológicos, comportamentais e ambientais, com o objetivo de subsidiar políticas públicas em saúde de precisão, vigilância genômica e promoção da saúde baseada no ciclo de vida.

O Sabiá será uma plataforma digital de alta complexidade, com arquitetura modular, interoperável e segura, que permitirá armazenar e analisar dados em grande escala (*big data*), aplicando técnicas avançadas de inteligência artificial para identificar padrões, prever riscos, validar biomarcadores e personalizar intervenções em saúde. Estão previstas ferramentas para gestão automatizada de dados oriundos de prontuários eletrônicos, dispositivos vestíveis (como *smartwatches*), aplicativos móveis e sistemas laboratoriais, com suporte à curadoria genética e à integração bioinformática com *pipelines* do Genomas Paraná.

A conexão entre os dados genômicos, obtidos por sequenciamento de nova geração, e os dados gerais de saúde da população paranaense permitirá a construção de uma base de conhecimento única no Brasil, favorecendo a implementação da medicina de precisão populacional. Isso possibilitará, por exemplo, a estratificação de risco individualizada, o desenvolvimento de protocolos terapêuticos personalizados, a vigilância genômica de patógenos e a análise de exposições ambientais com impacto na saúde pública.

A inovação do Sabiá reside em sua capacidade de integrar múltiplas fontes de dados – genéticos, clínicos e ambientais – em uma única infraestrutura digital, alinhada aos princípios da ciência aberta, da ética em pesquisa, da soberania genômica e da segurança da informação. Essa abordagem é recomendada por diversas agências internacionais, como o



National Research Council (NRC, 2011), que aponta a necessidade de redes nacionais de dados para transformar o modelo biomédico tradicional em um sistema baseado em conhecimento integrado.

Com esse arcabouço, o Sabiá posiciona o Paraná na vanguarda da inovação em saúde pública orientada por dados, criando um recurso estratégico que poderá ser ampliado para apoiar aplicações em agricultura de precisão, epidemiologia ambiental e prevenção de doenças crônicas. Trata-se de uma plataforma com potencial de replicabilidade nacional, contribuindo para que o Brasil avance na consolidação de políticas públicas sustentadas em evidências genômicas e em tecnologias da quarta revolução industrial.



---

### 3.7 PROJETO MEDEPIGEN: DESENHO DE ESTRATÉGIAS DE MEDICINA PREVENTIVA ADAPTADAS AO PERFIL GENÉTICO-EPIDEMIOLÓGICO DA SÍNDROME METABÓLICA EM POPULAÇÕES DO PARANÁ

250

A proposta do Projeto MedEpiGen, via fomento do Programa Pesquisa para o SUS: Gestão Compartilhada em Saúde (Ministério da Saúde), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação Araucária e da Secretaria de Estado da Saúde do Paraná, é de um estudo transversal de base populacional a ser realizado de 15 de março de 2022 a 14 de março de 2027 em cinco diferentes municípios do estado do Paraná e em comunidades menonitas brasileiras.

Já temos uma amostragem de 1.200 indivíduos adultos paranaenses, aproximadamente 200 de cada um dos municípios: Curitiba, Bandeirantes, Palmeira, Guarapuava, Ponta Grossa e Maringá. Entre os menonitas, esse projeto pretende dar continuidade ao projeto recentemente finalizado, Levantamento epidemiológico dos fenótipos e doenças complexas existentes nas comunidades menonitas (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética 55297916.6.0000.0102), e já alcançou,

com os mesmos métodos e objetivos, mais 700 menonitas de Curitiba, Colônia Nova (Aceguá, RS), Witmarsum (Palmeira, PR), Blumenau (SC), Pomerode (SC) e Witmarsum (SC).

Pretende-se realizar a análise do perfil epidemiológico e dos fatores de risco associados a doenças crônicas não transmissíveis – neoplasias, doenças cardiovasculares, doenças respiratórias, doenças metabólicas, doenças renais crônicas, doenças musculoesqueléticas e relacionadas ao trabalho – em seis diferentes regiões do Paraná e comunidades menonitas brasileiras e identificar os marcadores de predisposição (epi)genética, de microbiota intestinal e de metabólitos para a síndrome metabólica, obesidade e doenças cardiovasculares, necessários para fundamentar estratégias de medicina preventiva.

Somente em 2024, os resultados foram premiados seis vezes, incluindo o Global Health Travel Award, da Volkswagen Foundation e Keystone Symposia. O projeto também permitiu identificar a segunda mais alta prevalência de doença celíaca já reportada no mundo entre os menonitas (Oliveira *et al.*, 2023) e um efeito fundador para um conjunto de variantes patogênicas, algumas das quais já detectadas no teste do pezinho nessa mesma população (Lima *et al.*, no prelo). Além disso, foram observadas variantes genéticas de genes relacionados ao eixo hipotálamo – glândula pituitária – glândula adrenal, com suscetibilidade à síndrome metabólica (Kolb *et al.*, 2023). Os resultados são repassados aos participantes de pesquisa sempre que acionáveis, em conjunto com a equipe multiprofissional que integra o projeto (MedEpiGen, 2025). Cursos de capacitação em epigenética e genética epidemiológica têm sido ofertados para profissionais de saúde e educação, e serão acrescidos de cursos de neurociência e epigenética (incluindo em espanhol).

Por fim, na segunda parte deste estudo, serão investigadas as marcas epigenéticas decorrentes de exposições ancestrais e do passado recente, individual. Nessa etapa, pretende-se investigar biomarcadores com amplo impacto na regulação da expressão gênica e, portanto, no estabelecimento de marcas epigenéticas – cortisol, vitaminas D e B12 e folato – e avaliar as variantes genéticas e expressão de ncRNAs reguladores do eixo HPA, além de genes que codificam produtos proteicos na mesma via, e os



perfis metagenômicos da microbiota fecal dos participantes de pesquisa, correlacionando-os às histórias familiar e pessoal de doenças crônicas. De fato, na primeira etapa do projeto, um ambiente frio na infância (autorreportado) foi independentemente associado, em modelo multivariado de regressão logística, ao desenvolvimento da síndrome metabólica – primeiro na população menonita, e agora também na população paranaense não menonita, indivíduos de Ponta Grossa, Guarapuava, Curitiba, Bandeirantes e Maringá.

Esses resultados são parte integrante do Programa Pesquisa para o SUS: Gestão Compartilhada em Saúde, aprovado em 2021 e conduzido por nosso grupo em colaboração com a UEPG, a UEM, a Unicentro e a Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP).



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

### 4.1 PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA

O NAPI Genômica produziu dezenas de artigos científicos, capítulos de livros, dissertações, teses e pedidos de patentes até meados de 2024, refletindo sua maturidade e transversalidade. A produção científica e técnica do NAPI Genômica pode ser comprovada diretamente pela produção do Currículo Lattes dos pesquisadores que fazem parte do grupo, os quais estão diretamente alinhados com um trabalho conjunto, de alta relevância técnica, produção de impacto e formação de recursos humanos para atender à sociedade como um todo.

---

## 4.2 FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Até o momento, o NAPI Genômica já apoiou diretamente 32 bolsistas de mestrado, doutorado e pós-doutorado, atuando em diversas frentes do projeto, desde análises bioinformáticas até atividades de campo e integração com dados clínico-epidemiológicos. Parte dessas bolsas é financiada pelo Ministério da Saúde, via Departamento de Ciência e Tecnologia (DECIT), no âmbito do Projeto Genomas SUS, evidenciando a articulação entre políticas públicas de saúde e ciência, tecnologia e inovação.

---

## 4.3 CONTRIBUIÇÕES SETORIAIS

O NAPI Genômica tem promovido contribuições expressivas em diferentes setores estratégicos para o desenvolvimento sustentável do Paraná e do Brasil, com resultados concretos nas áreas da saúde, da agricultura e meio ambiente e da educação científica.

Na saúde, o programa viabilizou a implementação da vigilância genômica da covid-19 no estado, permitindo o rastreamento de variantes e a produção de evidências para orientar decisões sanitárias em tempo real. Também estabeleceu as bases para a implantação de um biobanco populacional estruturado com critérios éticos e operacionais robustos, voltado à geração de dados genômicos de base para ações em saúde pública. Essa iniciativa foi acompanhada de um esforço coordenado de formação de recursos humanos locais e regionais em áreas estratégicas como genômica, bioinformática e regulação ética, qualificando permanentemente o ecossistema de saúde e ciência no estado.

No campo agroambiental, destacam-se as aplicações da metagenômica de solos com foco na identificação e caracterização de bioinsumos, visando à promoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis e eficientes. Essas estratégias têm contribuído para o avanço da agricultura de



precisão, otimizando o uso de recursos naturais, melhorando a qualidade do solo e reduzindo a dependência de insumos químicos, com impactos diretos na segurança alimentar e na preservação ambiental.

Do ponto de vista social, científico e educacional, o programa impulsionou a formação de recursos humanos altamente qualificados em áreas de fronteira, como bioinformática, biologia molecular e ética em pesquisa. Até o momento, 32 bolsas de mestrado, doutorado e pós-doutorado foram concedidas, com apoio também do Ministério da Saúde via Decit. Além disso, o programa estabeleceu os alicerces para a construção de um biorrepositório de dados genômicos populacionais no Paraná, com potencial de orientar políticas públicas baseadas em evidências e garantir a soberania científica sobre os dados biológicos regionais.



---

#### 4.4 REPERCUSSÃO E REPLICABILIDADE

254

O modelo do NAPI Genômica e do Programa Genomas Paraná tem sido apresentado em diversos fóruns nacionais e internacionais de ciência, tecnologia, saúde e inovação, despertando interesse por sua capacidade de articular pesquisa translacional, formação de recursos humanos e impacto territorial.

A construção do Vale do Genoma, em Guarapuava, é um exemplo emblemático da capacidade de replicação do modelo. Sua governança e estrutura de gestão foram baseadas diretamente nas diretrizes e experiências desenvolvidas no âmbito do NAPI Genômica, incluindo a lógica de atuação em rede, a adoção do modelo de quádrupla hélice, o uso de *squads* interdisciplinares e os princípios de inovação orientada por missão.

Mais do que uma experiência local, o modelo paranaense passou a exercer influência estruturante em nível nacional. As práticas de gestão, os protocolos de coleta e consentimento, os fluxos de análise bioinformática e a lógica de devolutiva ética dos resultados construídos pelo Genomas Paraná foram utilizados como referência direta para a organização da rede

nacional do Programa Genomas SUS, coordenada pelo Ministério da Saúde e pelo Decit. O reconhecimento do Vale do Genoma como um dos oito centros âncora do Genomas SUS é expressão concreta desse protagonismo.

A força do NAPI Genômica não está apenas na clareza de seu modelo ou na solidez de sua execução, mas sim na capacidade de reunir pessoas, instituições e territórios em torno de um propósito comum. Mais do que reconhecimento, o projeto conquistou confiança e mobilização. Ele tem inspirado a criação de políticas públicas mais justas e inteligentes, que unem ciência de dados, colaboração entre saberes e compromisso com a diversidade genética e social do povo brasileiro.

---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O NAPI Genômica representa mais do que um arranjo técnico-científico; é uma expressão concreta de uma nova forma de pensar o futuro da ciência e da sociedade no Brasil. Em tempos de desafios globais – sanitários, ambientais e sociais –, torna-se urgente a construção de estratégias que integrem conhecimento, território e cuidado. A genômica, nesse contexto, deixa de ser apenas um campo de pesquisa e passa a ser uma linguagem comum entre ciência, saúde pública, agricultura sustentável e cidadania.

Ao reunir 230 pesquisadores, 23 instituições e múltiplos setores em torno de uma agenda compartilhada de inovação, o NAPI Genômica constitui um vetor de transformação estrutural para o Paraná. Seu legado não reside apenas nos milhares de genomas sequenciados, mas na criação de uma cultura de cooperação, rigor ético, valorização da diversidade genética e compromisso com o bem comum.

Nos próximos anos, o fortalecimento do Vale do Genoma como polo territorial de inovação, a implantação plena do Sabiá e a consolidação do Paraná como protagonista no Genomas SUS devem aprofundar os



impactos institucionais, formativos e tecnológicos do projeto. A expectativa é que esses movimentos inspirem outros territórios a reconhecerem que a ciência é também um ato de cuidado com as futuras gerações.

Além de consolidar uma infraestrutura única no estado, o programa construiu uma base de conhecimento que servirá de insumo permanente para a formulação de políticas públicas em saúde, educação, agricultura e meio ambiente. O modelo implantado no Paraná tem sido reconhecido nacionalmente como referência e tem elevado potencial de replicabilidade para outros estados e regiões do país.

Os próximos anos, contudo, exigirão atenção contínua a desafios estratégicos, tais como:

- a) sustentabilidade financeira contínua, tanto para a manutenção da infraestrutura quanto para a ampliação das análises e ações de devolutiva;
- b) capacitação de recursos humanos especializados em bioinformática, proteção de dados genéticos e regulação ética, de forma transversal, nas instituições participantes;
- c) governança ampliada e interoperabilidade com bancos de dados nacionais e internacionais, garantindo que os dados gerados no Paraná tenham impacto global e que o programa se mantenha conectado a redes científicas internacionais.

Como escreveu o médico e filósofo Edmund Pellegrino (2008), “a medicina é uma ciência moral”. Ao integrar genômica, big data e saúde pública com ética, equidade e inovação social, o NAPI Genômica oferece ao país um exemplo de como a ciência pode servir não apenas à excelência técnica, mas também à dignidade humana.



---

## REFERÊNCIAS

DOERR, J. **Avalie o que importa:** como o Google, Bono Vox e a Fundação Gates sacudiram o mundo com os OKRs. São Paulo: Alta Books, 2018.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. **The triple helix:** university–industry–government innovation and entrepreneurship. New York York: Routledge, 2018.

HOOD, L.; FRIEND, S. Predictive, personalized, preventive, participatory (P4) cancer medicine. **Nature Reviews Clinical Oncology**, London, v. 8, n. 3, p. 184-187, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2010.227>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrclinonc.2010.227>. Acesso em: 1 set. 2025.

JOYNER, M. J.; PANETH, N. Promises, promises, and precision medicine. **Journal of Clinical Investigation**, [s. l.], v. 129, n. 3, p. 946-948, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1172/JCI126119>. Disponível em: <https://www.jci.org/articles/view/126119>. Acesso em: 1 set. 2025.

KOLB, E. M. *et al.* Innovation ecosystems and genomic medicine: the case of the Genomic Valley in Paraná, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 39, 2023.

LIMA, D. B. *et al.* **A medicina de precisão no SUS:** contribuições do Genomas Paraná para a inovação em saúde pública. (no prelo)

MEDEPIGEN. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 70., 2025. Belém. **Anais [...]**. Belém, 2025.. Disponível em: [www.medepigen.ufpr.br](http://www.medepigen.ufpr.br). Acesso em: 31 jul. 2025.

NRC. **Toward precision medicine:** building a knowledge network for biomedical research and a new taxonomy of disease. Washington, D. C.: National Academies Press, 2011. DOI: <https://doi.org/10.17226/13284>. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13284/toward-precision-medicine-building-a-knowledge-network-for-biomedical-research>. Acesso em: 1 set. 2025.



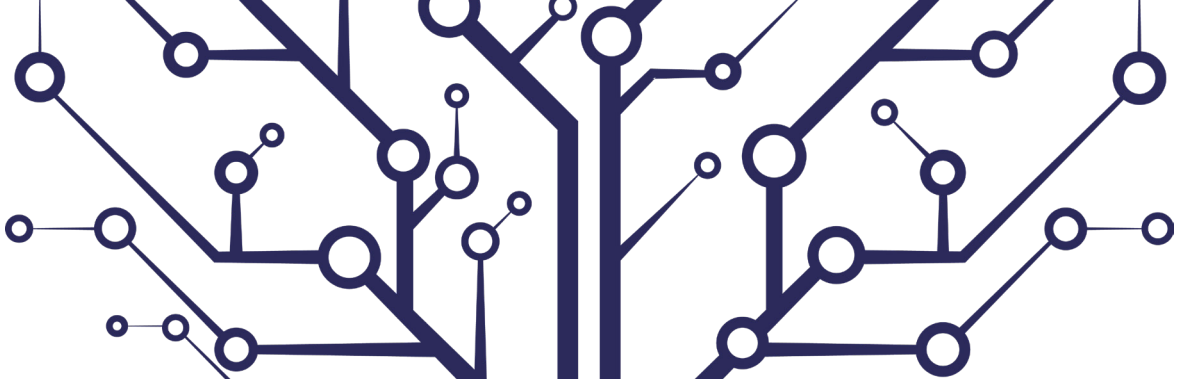
OLIVEIRA, D. S. *et al.* Genomic surveillance and dispersal dynamics of SARS-CoV-2 variants in Southern Brazil. **Journal of Medical Virology**, [s. l.], v. 95, n. 6, 2023.

PELLEGRINO, Edmund D. **The philosophy of medicine reborn**: a Pellegrino reader. Washington, D. C.: Catholic University of America Press, 2008.



The image features a dark blue background with intricate, glowing light blue patterns that resemble a digital or data landscape. These patterns include concentric circles, grid lines, and abstract shapes. In the lower right, a person's hand is visible, wearing a black smartwatch with a glowing blue display. The hand is positioned as if interacting with the digital interface. The overall aesthetic is high-tech and futuristic.

# **Ecosystema de Inovação: Transformação Digital**



---

# Pesquisa e formação docente na educação pública:

a atuação do NAPI Educação do Futuro

260

---

Maria Aparecida Crissi Knuppel<sup>1</sup>

Nestor Cortez Saavedra Filho<sup>2</sup>

José António Marques Moreira<sup>3</sup>

Paola Andressa Scortegagna<sup>4</sup>

Adriana Regina de Jesus<sup>5</sup>

Ilka Marcia Ribeiro de Souza Serra<sup>6</sup>

Christian Luiz da Silva<sup>7</sup>

Fabiane Freire França<sup>8</sup>

Mario Prokopiuk<sup>9</sup>

---

1 UNICENTRO - Guarapuava; knuppel@unicentro.br

2 UTFPR - Curitiba; nestorsf@utfpr.edu.br

3 UAb - Porto, Portugal; jmoreira@uab.pt

4 UEPG - Ponta Grossa; paolascortegagna@uepg.br

5 UEL - Londrina; adrianar@uel.br

6 UEMA - São Luís (MA); lka.serra@uema.br

7 UTFPR - Curitiba; christiansilva@utfpr.edu.br

8 UEM - Maringá; ffranca@uem.br

9 PUC-PR - Curitiba; mario.p@pucpr.br

## Resumo

O NAPI Educação do Futuro tem como objetivo estruturar um ecossistema colaborativo de pesquisa, formação e produção de conhecimento voltado à superação das desigualdades educacionais no Paraná, com ênfase na qualificação da educação pública básica e superior. Sua metodologia articula três frentes principais: observação e sistematização de dados educacionais, desenvolvimento de competências digitais docentes e valorização da educação como eixo do desenvolvimento regional. As ações são fundamentadas em referenciais como a teoria da complexidade, a transdisciplinaridade, a ciência aberta e modelos internacionais de formação docente digital. As estratégias incluem mapeamentos, diagnósticos, estudos de caso, formação continuada e produção científica aplicada, em articulação com gestores, pesquisadores e redes de ensino. Entre os resultados iniciais, destacam-se a estruturação de um observatório da educação básica do Paraná, o desenvolvimento de cursos e painéis interativos, a formação continuada de professores, incluindo a formação em competências pedagógicas digitais, e a ampliação de redes interinstitucionais. Também se evidenciam avanços na análise crítica de políticas públicas e na elaboração de diagnósticos territoriais sobre desigualdades e eficiência educacional, oferecendo subsídios para o planejamento e a gestão nos contextos locais. Embora ainda em fase de implementação, o NAPI demonstra forte potencial para promover a articulação entre universidade, escola, governo e sociedade civil, consolidando-se como política pública estruturante orientada por princípios de equidade, participação e valorização dos territórios.

**Palavras-chave:** NAPI Educação do Futuro; educação pública; desenvolvimento regional.

## Abstract

NAPI Educação do Futuro aims to structure a collaborative ecosystem of research, training, and knowledge production focused on overcoming educational inequalities in Paraná, with an emphasis on improving the quality of public basic and higher education. Its methodology is based on three main pillars: observation and systematization of educational data, development of teachers' digital competencies, and the recognition of education as a driver of regional development. The actions are grounded in frameworks such as complexity theory, transdisciplinarity, open science, and international models of digital teacher training. Strategies include mapping, diagnostics, case studies, continuing education, and applied scientific production, in collaboration with managers, researchers, and educational networks. Early outcomes include the structuring of a basic education



observatory in Paraná, the development of courses and interactive dashboards, continuing education programs for teachers (including training in digital pedagogical competencies), and the expansion of interinstitutional networks. Notable progress has also been made in the critical analysis of public policies and the production of territorial diagnostics addressing inequalities and educational efficiency, offering valuable input for planning and management at the local level. Although still in its implementation phase, NAPI demonstrates strong potential to promote collaboration among universities, schools, government, and civil society, establishing itself as a structural public policy guided by the principles of equity, participation, and appreciation of local territories.

**Keywords:** NAPI Educação do Futuro; public education; regional development.

---

## 1 INTRODUÇÃO

As primeiras décadas do século XXI impuseram à educação desafios complexos e inéditos, especialmente em contextos marcados por desigualdades históricas. A pandemia de covid-19 expôs e intensificou fragilidades estruturais como a exclusão digital, a precariedade na infraestrutura das escolas públicas e a carência de formação dos docentes para o uso crítico e pedagógico das tecnologias. Esses fatores ampliaram as desigualdades educacionais, afetando de forma mais intensa comunidades rurais, periféricas e vulneráveis.

Diante desse cenário, foi criado no Paraná o Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação (NAPI) Educação do Futuro, uma política pública ancorada na articulação entre ciência, tecnologia, educação e desenvolvimento social. A iniciativa conta com o apoio da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná e da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (Seti), consolidando-se como estratégia para qualificar a educação pública e enfrentar os desafios da contemporaneidade.

O projeto é concebido como um ecossistema colaborativo que conecta universidades, escolas, órgãos de governo, sociedade civil e instituições



parceiras em torno de três eixos estruturantes: observatório da educação básica pública, competências pedagógicas digitais docentes, e educação e desenvolvimento regional sustentável. A essas frentes, soma-se o projeto estratégico de inteligência artificial aplicada ao ensino, à pesquisa e à gestão acadêmica.

O arranjo parte do princípio de que reformas pontuais ou soluções tecnológicas isoladas não são suficientes para transformar a educação em uma sociedade hiperconectada e em constante mutação. A proposta busca, assim, articular produção científica, formação de professores, inclusão digital e justiça territorial.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

O NAPI Educação do Futuro baseia-se em uma abordagem teórica complexa, transdisciplinar e crítica da educação, articulando saberes diversos e práticas sociais para o enfrentamento de problemas estruturais e emergentes.

O referencial central da proposta é a teoria da complexidade de Edgar Morin (2000), que propõe a superação do pensamento fragmentado e linear, característico da modernidade, por uma compreensão integrada, plural e contextualizada do conhecimento. Essa perspectiva fundamenta a integração entre áreas do saber e agentes institucionais diversos, favorecendo a construção de soluções mais aderentes à realidade. Nesse contexto, complementando essa visão, Nicolescu (2014) contribui com a noção de transdisciplinaridade como a superação das fronteiras disciplinares e a valorização da interação entre diferentes formas de inteligência. Já a pedagogia crítica de Paulo Freire (1996) aporta à proposta a concepção de educação como uma prática de liberdade, dialógica e emancipadora, destacando o papel político e transformador da escola.



No campo da formação docente digital, o NAPI adota o referencial europeu DigCompEdu (Redecker, 2017), que organiza competências digitais em seis áreas de desenvolvimento profissional e visa formar professores capazes de criar, mediar e avaliar experiências pedagógicas significativas com tecnologias. Essa matriz é articulada com a abordagem metodológica *design-based research* (Wang; Hannafin, 2005), que combina teoria e prática por meio de ciclos de experimentação em contextos reais. Também são considerados os referenciais do International Society for Technology in Education (ISTE, 2008) e da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco, 2015), que reforçam a importância da apropriação crítica e criativa das tecnologias como ecossistemas culturais, e não apenas instrumentos técnicos.

Outra linha teórica é a do desenvolvimento regional endógeno, que destaca o papel da escola pública como ator estratégico na valorização das identidades locais, no fortalecimento das vocações econômicas e culturais dos territórios e na promoção de uma cidadania ativa. Autores como Brandão (2002) e Polanyi (2012) fundamentam essa abordagem crítica, que recusa modelos exógenos e homogêneos de desenvolvimento, priorizando soluções construídas com base nas realidades locais.

O NAPI também se alinha aos princípios da ciência aberta (Unesco, 2021) e dos recursos educacionais abertos (REA), conforme definidos por Hilton *et al.* (2010), promovendo o compartilhamento, o reúso e a adaptação de recursos educacionais e ampliando a acessibilidade ao conhecimento científico. Para tanto, está prevista a criação de repositórios institucionais integrados à Universidade Virtual do Paraná (UVPR), democratizando o acesso à produção acadêmica. A gestão do NAPI adota o modelo da quádrupla hélice (Carayannis; Campbell, 2009), integrando universidade, governo, setor produtivo e sociedade civil na formulação de soluções educacionais colaborativas, socialmente referenciadas e tecnologicamente atualizadas.



---

## 3 DESENVOLVIMENTO

A operacionalização do NAPI estrutura-se em torno de planos de trabalho coordenados por instituições públicas de ensino superior, com apoio técnico da Seti e da Fundação Araucária. Cada eixo articula um grupo de pesquisa multidisciplinar responsável pela elaboração, execução e monitoramento das ações.

No eixo 1, observatório da educação básica pública, os esforços estão voltados à sistematização de dados, indicadores e práticas pedagógicas, com base em diagnósticos regionais e evidências científicas. Ele reúne informações sobre o desempenho educacional dos municípios paranaenses, permitindo a formulação de políticas baseadas em evidências.

O eixo 2, competências pedagógicas digitais docentes, envolve a criação de percursos formativos e ações de capacitação para mais de 45 mil professores. Utiliza ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), conteúdos autorais em REA, atividades assíncronas e fóruns interativos, promovendo o letramento digital em dimensões técnicas, pedagógicas e críticas.

O eixo 3, educação e desenvolvimento regional sustentável, investiga a eficiência da gestão educacional nos municípios, com base na metodologia de análise envoltória de dados, além de estudar a correlação entre desempenho educacional e indicadores socioeconômicos. São produzidos relatórios analíticos, mapas interativos e propostas de políticas públicas voltadas à equidade e ao fortalecimento do capital humano local.

Como ação transversal, o projeto estratégico sobre inteligência artificial no ensino, na pesquisa e na gestão acadêmica visa integrar tecnologias emergentes aos processos educacionais de forma ética e contextualizada. O modelo de governança do NAPI é participativo e descentralizado, com comitês técnicos e instâncias de deliberação compartilhadas. A articulação internacional ocorre principalmente com a Universidade Aberta de Portugal (UAb), fortalecendo o intercâmbio metodológico e científico.



Os principais produtos incluem repositórios abertos, trilhas formativas, publicações científicas, ferramentas digitais e eventos de disseminação.

A iniciativa dialoga com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 4 (Educação de Qualidade), ODS 9 (Infraestrutura e Inovação), ODS 10 (Redução das Desigualdades) e ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação), reforçando a centralidade da educação para o desenvolvimento inclusivo e sustentável.

---

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS



Atualmente, o NAPI tem mais de 30 pesquisadores e bolsistas de diferentes programas envolvidos nas ações dos três eixos. Com a possibilidade de inserção do novo projeto estratégico, deverá ter mais de 50 bolsistas envolvidos. Seus pesquisadores vêm atuando em prol dos objetivos, das metas e das ações delineados no projeto.

A educação é uma das áreas mais determinantes para o desenvolvimento de uma sociedade, e sua qualidade está diretamente relacionada à formação dos professores. Colaborando com essa reflexão, García (2017, p. 3) afirma que “a formação de professores deve ser entendida como um processo contínuo e articulado às práticas profissionais, capaz de responder às transformações da sociedade e da escola”.

Nesse contexto, o eixo 1 do NAPI, observatório da educação básica pública do estado do Paraná, surgiu como uma iniciativa estratégica para promover a melhoria contínua dos processos educacionais, com ênfase na formação docente. Seu objetivo é fomentar discussões sobre temas relevantes à educação básica pública, subsidiando a formulação de políticas públicas e orientando a alocação de recursos voltados à infraestrutura e à qualificação de recursos humanos, além de disponibilizar a produção intelectual, técnica e cultural de professores e pesquisadores, a fim de

se tornar um vetor de conhecimento para a formação de professores da educação básica.

Na sua primeira etapa, o observatório estruturou uma coordenação tripartite entre a Universidade Estadual de Londrina (UEL), a Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR) e a Universidade Estadual de Maringá (UEM), promovendo uma gestão colegiada e integradora. Cada instituição contribui com sua expertise: ciência de dados e políticas de repositórios institucionais (UTFPR), formação docente e mediação tecnológica (UEL) e educação digital (UEM). Essa articulação transversal foi pensada para garantir coerência e solidez nas ações do eixo.

A governança foi fortalecida com a criação do Conselho Científico e do Comitê Gestor do Repositório Institucional, envolvendo bibliotecários e pesquisadoras com atuação destacada no Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) e na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). A excelência técnica dessas instâncias reafirma o compromisso com os princípios da ciência aberta.

Entre os primeiros resultados, destacam-se dissertações e teses vinculadas à UEL, com apoio da Fundação Araucária, abordando desde o uso de livros didáticos e *podcasts* até a formação em direitos humanos e práticas informacionais dos docentes. Salientam-se também estudos sobre as práticas informacionais dos docentes e investigações baseadas na teoria da atividade de Leontiev (2004), demonstrando a diversidade e profundidade das abordagens. Quatro artigos científicos estão em avaliação em periódicos qualificados, tratando de temas como repositórios institucionais, formação continuada e ciência aberta.

Na UTFPR, uma pesquisa de pós-doutorado dedica-se à criação de painéis de dados sobre a educação básica paranaense, utilizando a teoria de design de interação humano-computador e técnicas de *storytelling* para produzir visualizações acessíveis e úteis à tomada de decisões. Um ateliê de projetos está sendo estruturado para garantir a participação de múltiplos atores sociais no desenvolvimento dos painéis.

Ainda na UTFPR, um grupo desenvolve a proposta de uma rede de repositórios institucionais nas universidades públicas do Paraná. Um



diagnóstico revelou diferentes estágios de maturidade nas instituições, e o projeto inclui apoio técnico e normativo para a construção de repositórios com diretrizes sobre direitos autorais e compartilhamento de dados. Em fase posterior, será criado um agregador estadual de repositórios, fortalecendo a visibilidade da produção científica paranaense.

Destaca-se também a interlocução do NAPI com as ações previstas pelo Conselho de Pós-Graduação (GoPG), pela Rede de Integração da Comunidade Científico-Acadêmica da Pós-Graduação (Rica PG) e pelo Diretório de Avaliação da Capes, vinculados ao IBICT, no grupo de trabalho temático da integração dos repositórios institucionais com a nova versão da Plataforma Sucupira, da Capes. Essa integração desempenha papel fundamental na avaliação do Sistema Nacional de Pós-graduação no quadriênio 2025–2028.

Na UEM, ressalta-se a atuação dos bolsistas técnicos na construção de AVA e em dois projetos de pós-doutorado focados em competências digitais e avaliação educacional. Eventos como o I Simpósio Internacional de Tecnologias Educacionais para o Ensino Superior, com palestrantes portugueses, ampliaram o diálogo internacional sobre formação docente e tecnologias educacionais.

O observatório realizou diagnósticos relevantes, como a escuta ativa dos professores sobre a formação continuada. Haja vista essas contribuições, foram estruturados cursos como Práticas de Leitura Literária (2024) e Currículo, Formação e Trabalho Docente na Contemporaneidade (2025), alinhados às demandas locais. Paralelamente, uma pesquisa com os integrantes do eixo 1 permitiu consolidar uma política institucional de formação continuada voltada à atualização permanente, ao aprofundamento teórico-metodológico e à valorização docente.

Com base nesses avanços, o observatório organiza o I Congresso Internacional do Grupo de Estudos e Pesquisas: Currículo, Formação e Trabalho Docente, em articulação com o I Encontro Internacional do Observatório, previsto para novembro de 2025 na UEL. O evento busca consolidar redes de colaboração acadêmica e fortalecer a inserção da produção científica nos debates educacionais.



A articulação com instituições externas também tem avançado. Projetos com o Hospital Pequeno Príncipe e propostas voltadas à inclusão de estudantes refugiados evidenciam o compromisso do observatório com a diversidade e a justiça social.

Com base nessas ações, o observatório da educação básica pública do Paraná reafirma seu compromisso com a promoção de uma educação democrática e orientada pela escuta qualificada, pela valorização do professor e pela construção coletiva de soluções para os desafios da formação docente no país.

O segundo eixo do NAPI objetiva ser um espaço dinâmico de produção de conhecimento e articulação de práticas voltadas à educação digital, às competências docentes e aos ecossistemas de aprendizagem. Suas ações envolvem desde a governança acadêmica até o desenvolvimento de pesquisas aplicadas, orientação de acadêmicos em diferentes níveis de formação, além da participação ativa em eventos científicos nacionais e internacionais que discutem os desafios contemporâneos da educação.

Um dos resultados do eixo foi a elaboração de um estudo sistemático que resultou na publicação do referencial DigCompEdu Reloaded, em 2024, documento que propõe um olhar atualizado sobre as competências digitais docentes no contexto brasileiro e das novas tecnologias.

Esse referencial reconhece que professores e estudantes precisam adaptar-se aos novos tempos e espaços da educação, aprendendo a incorporar o digital e o virtual às suas práticas de maneira crítica e reflexiva. Essa integração, no entanto, não deve se limitar à reprodução de métodos tradicionais em meios digitais, mas incentivar a integração de metodologias inovadoras, projetadas para ambientes ubíquos de aprendizagem, presenciais, híbridos ou virtuais, mediados por novas tecnologias capazes de formar redes entre pessoas, objetos e contextos diversos.

Nesse cenário, os docentes enfrentam o desafio de integrar o digital e a intencionalidade pedagógica, o que tornou suas competências pedagógico-digitais um dos eixos estratégicos das políticas públicas educacionais e da pesquisa internacional (OECD, 2021). Com base nessa premissa, o estudo piloto conduzido pelo NAPI foi desenvolvido no escopo da meta 1 desse eixo, com o objetivo de diagnosticar os níveis de proficiência digital



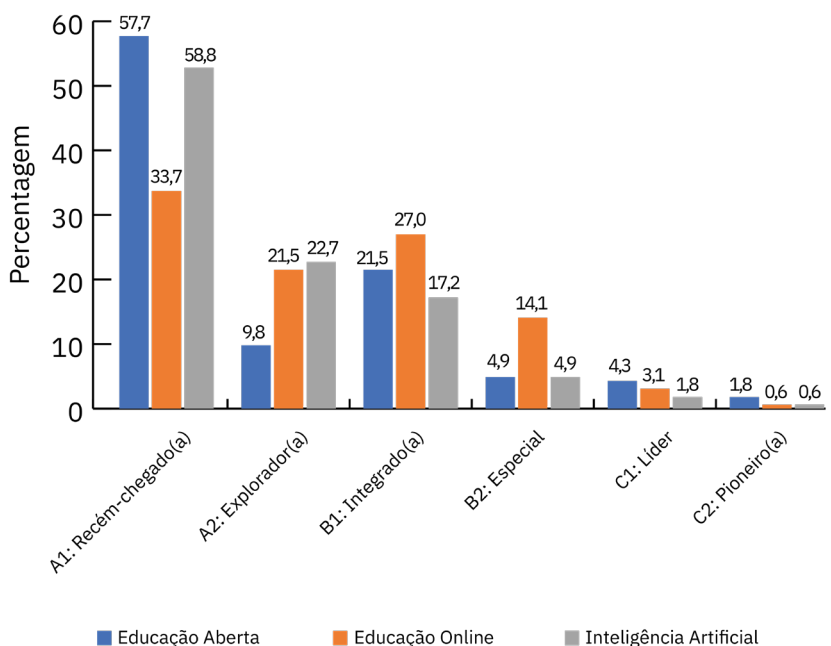
dos professores da educação básica do Paraná. O modelo adotado foi o Pedagógico DigCompEdu Reloaded (Ped\_Digcompedu\_Red24), com foco especial nas áreas emergentes da inteligência artificial, da educação on-line e da educação aberta.

A relevância desse estudo reside em sua capacidade de oferecer dados concretos sobre as potencialidades e lacunas existentes no corpo docente, contribuindo para a formulação de políticas públicas e estratégias formativas mais coerentes com a realidade dos professores e os desafios da transição digital.

Mediante uma escala de autoavaliação, os resultados revelaram um cenário multifacetado. Em termos gerais, a maioria dos docentes se encontra nos níveis intermediários de proficiência digital (B1 e B2), o que indica o uso consistente de recursos e tecnologias digitais, especialmente nos processos de ensino, aprendizagem e avaliação (Figura 1).



Figura 1 – Distribuição dos níveis de competência – subáreas: educação aberta, educação on-line e inteligência artificial



Fonte: Autoria própria.

O estudo evidenciou fragilidades expressivas nas áreas da educação aberta, da educação on-line e da inteligência artificial. Nesses domínios, cerca de 70% dos docentes se situam nos níveis básicos (A1 e A2), apontando dificuldades na compreensão e integração pedagógica dessas práticas. Tal resultado é especialmente significativo, considerando o avanço da inteligência artificial nos processos educativos e a importância da ciência aberta como paradigma contemporâneo.

Todavia, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos níveis de proficiência em relação à faixa etária, ao tempo de docência e à área disciplinar ou gênero. Esse dado contribui para desconstruir mitos que associam a baixa competência digital ao envelhecimento docente, revelando que os desafios da transição digital são transversais.

Do ponto de vista metodológico, a escala aplicada demonstrou excelente consistência interna, o que reforça sua robustez como instrumento de diagnóstico e planejamento formativo. A estrutura fatorial validada e os indicadores psicométricos corroboram o potencial de aplicabilidade do Ped\_Digcompedu\_Red24 em contextos educacionais variados.

Destarte, o estudo aponta para a necessidade urgente de estratégias formativas que respondam às demandas emergentes do campo educacional digital. Essas estratégias devem ir além da formação pontual, contemplando processos contínuos de capacitação, apoio pedagógico, disponibilização de recursos e infraestrutura adequada. Também se faz necessária a valorização dos docentes engajados em práticas inovadoras, fortalecendo seu protagonismo nos processos de transformação pedagógica.

Os dados revelam, portanto, um cenário híbrido: avanços relevantes nas competências digitais mais consolidadas e defasagens importantes nas competências emergentes. Diante disso, destaca-se o compromisso do NAPI com uma formação docente crítica, contextualizada e transformadora, capaz de ressignificar a educação conforme as oportunidades e os limites do digital.

O eixo 3 vem se consolidando como um espaço estratégico de produção de conhecimento aplicado, com foco na análise crítica das políticas educacionais e na formulação de diretrizes públicas territorialmente diferenciadas. Seus impactos podem ser observados tanto na formação de



pesquisadores quanto na produção científica e na interlocução com políticas públicas de desenvolvimento local.

Entre os principais resultados, destacam-se duas teses de doutorado em andamento, uma pesquisa de pós-doutorado e um projeto de mestrado vinculados à Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), com apoio da Fundação Araucária. As pesquisas abordam temáticas como: o impacto das reformas educacionais no ensino médio do Paraná; as implicações das políticas de cidades inteligentes na educação pública; a articulação entre educação permanente, emancipação e vulnerabilidade social; e a relação entre inovação digital, indicadores educacionais e eficiência territorial.

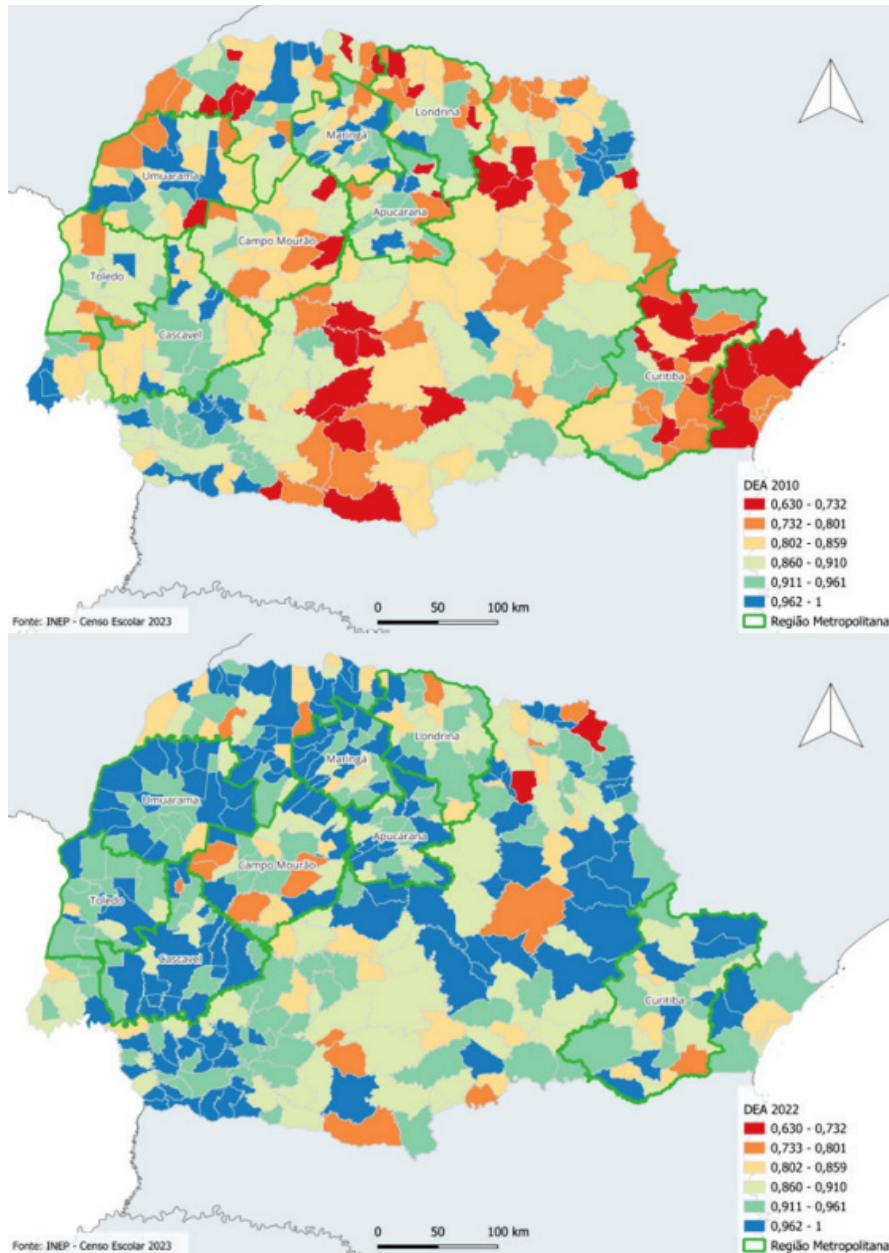
Esses estudos têm fortalecido diagnósticos sobre desigualdades educacionais no estado e contribuído com propostas de governança educacional integrada, articulando escola pública, planejamento urbano e justiça social. Dois artigos científicos em avaliação aprofundam essas discussões: o primeiro analisa padrões espaciais de desempenho no ensino médio e propõe políticas territorializadas; e o segundo discute a governança educacional em regiões periféricas sob a ótica do desenvolvimento endógeno.

Além da produção científica, o eixo 3 promove redes interinstitucionais, eventos acadêmicos e parcerias com gestores públicos. Essas ações ampliam a repercussão social das pesquisas, transformando dados em insumos para políticas públicas. Reforça-se, assim, a ideia da educação como base para o desenvolvimento sustentável e da escola pública como mediadora entre conhecimento, território e transformação social.

Entre as contribuições práticas, destaca-se o estudo da eficiência na gestão da educação básica nos municípios do Paraná, com base em dados dos anos de 2010 e 2022. A análise investigou se os recursos públicos eram utilizados de forma eficaz, mediante a metodologia de análise envoltória de dados. Foram considerados dois insumos – número total de matrículas *per capita* e despesa paga *per capita* – e três produtos – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) dos anos iniciais e finais e taxa média de aprovação –, permitindo calcular um escore de eficiência para cada município (Figura 2).



Figura 2 – Distribuição espacial dos escores de eficiência dos municípios paranaenses na educação básica: (A) ano de 2010 e (B) 2022



Fonte: Autoria própria.



Em 2010, os menores níveis de eficiência estavam concentrados na Região Metropolitana de Curitiba, no centro-sul e em partes do noroeste. Já regiões como o oeste e norte central apresentaram melhores resultados.

Em 2022, houve uma significativa melhoria: municípios das regiões oeste, sudoeste e noroeste se consolidaram como referências em gestão educacional, e a Região Metropolitana de Curitiba apresentou avanços importantes.

A comparação entre os dois anos revela uma tendência geral de evolução positiva, com aumento de municípios nas faixas mais altas de eficiência e redução dos considerados pouco eficientes. As regiões litoral e centro-oeste ainda enfrentam desafios, porém com sinais de progresso.

O Quadro 1 demonstra que todas as regiões tiveram melhorias, embora em ritmos distintos. Municípios como Cascavel, Maringá, Londrina, Toledo e Umuarama se destacam como polos de excelência na gestão educacional, mantendo e ampliando seus bons resultados.



Quadro 1 – Evolução dos níveis de eficiência na gestão da educação básica por região no Paraná (2010–2022)

REGIÃO	SITUAÇÃO EM 2010	SITUAÇÃO EM 2022	EVOLUÇÃO
Oeste	Predomínio de alta eficiência	Eficiência ampliada	Melhorou
Noroeste	Mista, com alguns baixos	Ampla melhoria, muitos eficientes	Melhorou
Norte central	Heterogênea, com baixos e médios	Maioria em alta eficiência	Melhorou
Norte pioneiro	Mista, com bolsões de baixa	Redução dos baixos, mais moderados e bons	Melhorou
Sudoeste	Alta heterogeneidade	Predomínio de alta eficiência	Melhorou
Centro-oeste	Mista, tendência baixa/moderada	Melhorou, mas ainda com casos isolados de baixa	Melhorou parcialmente
Centro-sul	Concentração de baixa eficiência	Melhoria significativa, maioria em moderada e boa	Melhorou
Região Metropolitana de Curitiba	Forte concentração em baixa eficiência	Redução da baixa, avanço para moderada/boa	Melhorou
Litoral	Baixa à moderada eficiência	Poucas mudanças, permanecem desafios	Manteve parcialmente

Fonte: Autoria própria.

Os dados sugerem que políticas públicas assertivas, aliadas à qualificação técnica das equipes gestoras e ao monitoramento dos indicadores, são fundamentais para melhorar a aprendizagem. A análise também evidencia que uma boa gestão não depende exclusivamente de volume de recursos, mas sim da capacidade local de aplicar esses recursos de forma estratégica.

Dessa maneira, os achados da pesquisa desenvolvida pelo eixo 3 reafirmam a importância de se investir na formação técnica de gestores, no fortalecimento das capacidades locais e na construção de políticas educacionais territorializadas, que considerem as especificidades de cada município. A combinação entre análise técnica, produção científica e articulação com gestão pública representa um caminho promissor para a consolidação de uma educação pública de qualidade e para o fortalecimento do desenvolvimento regional sustentável no Paraná.



## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O trabalho desenvolvido e os resultados do NAPI evidenciam a importância da integração de pesquisas, formação docente e políticas públicas, mediante um trabalho em rede, em uma atuação voltada à qualificação da educação pública com base territorial. Diante das desigualdades históricas já mencionadas nesta pesquisa, bem como dos impactos da pandemia e das transformações digitais, o NAPI coloca-se como um projeto amplo, estruturado e comprometido com soluções sustentadas por evidências que postulem a escuta qualificada e a articulação entre universidade, escolas e governo.

Estruturado em três eixos, pautados na análise de dados educacionais, competências pedagógicas digitais e políticas de desenvolvimento regional, o NAPI organiza-se em uma abordagem sistêmica e sensível aos contextos locais que busca a constituição de redes interinstitucionais para ampliar a

produção de conhecimento aplicado e fomentar práticas pedagógicas plúrais e contextualizadas.

Sendo assim, o observatório da educação básica pública constitui um eixo estratégico, reunindo dados abertos e diagnósticos sobre os sistemas educacionais do Paraná para fortalecer a gestão educacional para a educação básica e o ensino superior e promover a ciência aberta, com destaque para a criação de repositórios institucionais e recursos educacionais acessíveis a professores, gestores e comunidades escolares em cada uma das universidades estaduais e nas demais universidades participantes da pesquisa.

Na formação docente, o eixo 2 propõe uma abordagem crítica e criativa das competências pedagógicas digitais fundamentada em metodologias como a *design-based research* e nos referenciais DigCompEdu e DigCompEdu Reloaded, este último resultado de pesquisas do próprio NAPI. Além de mapear as competências digitais dos educadores, o eixo prevê a oferta de formações por meio de cursos microcredenciais organizados em trilhas de aprendizagem. O objetivo é capacitar professores para que estejam aptos a criar, mediar e transformar práticas pedagógicas em contextos contemporâneos, híbridos e digitais.

No campo das políticas públicas, destacam-se os estudos sobre a eficiência da gestão educacional nos municípios, que fornecem subsídios para decisões mais justas e eficazes, alinhando educação a políticas de desenvolvimento regional sustentável e permitindo a compreensão da realidade paranaense e a garantia de ação incisiva e acertada.

O projeto de inteligência artificial aplicada ao ensino, à pesquisa e à gestão acadêmica, ainda em construção, apresenta-se como uma frente estratégica, tratando a inteligência artificial como instrumento de apoio à decisão pedagógica e à análise de dados, com ênfase na ética, na inclusão, na sensibilização, na capacitação e no pensamento crítico.

Mesmo em fase de implementação, o NAPI apresenta resultados concretos: fortalecimento das redes de cooperação, avanço da formação docente, produção científica, aprofundamento de pesquisas em nível de mestrado, doutorado e pós-doutorado, articulação com as universidades públicas paranaenses e com a rede estadual de ensino.



As próximas etapas serão desenvolvidas com o objetivo de ampliar as ações dos três eixos e do projeto estratégico, fortalecendo a atuação nas universidades com o uso de inteligência artificial aplicada à pesquisa, à gestão e ao ensino. Entre as prioridades, estão a ampliação da divulgação dos painéis e *dashboards* da educação pública, a institucionalização dos repositórios institucionais, o aprofundamento do mapeamento das competências digitais, com a meta de alcançar os 45 mil professores da rede, e o avanço na formação por meio de microcredenciais e trilhas de aprendizagem. Também está prevista a consolidação de metas voltadas ao aprofundamento das análises territoriais, com o propósito de ampliar o diálogo com políticas públicas em níveis estadual e nacional e com redes internacionais.

Cabe ainda destacar o papel essencial dos pesquisadores do NAPI e da comunidade acadêmica no fortalecimento da pesquisa científica, que tem sido base para o desenvolvimento e a consolidação da proposta do núcleo. O trabalho coletivo e comprometido tem sido decisivo para garantir que as ações avancem de forma qualificada e conectada com os desafios contemporâneos da educação.



---

## REFERÊNCIAS

BRANDÃO, C. R. **A educação como cultura**. Campinas: Mercado das Letras, 2002.

CARAYANNIS, Elias G.; CAMPBELL, David F. J. 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 46, n. 3-4, p. 201-234, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374>. Disponível em: <https://www.inderscience.com/offers.php?id=23374>. Acesso em: 1 set. 2025.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARCÍA, Carlos Marcelo. **Formação de professores: para uma mudança educativa**. Porto: Porto Editora, 2017.

HILTON, John *et al.* The four 'R's of openness and ALMS analysis: frameworks for open educational resources. **Open Learning**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 37-44, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/02680510903482132>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02680510903482132>. Acesso em: 1 set. 2025.

ISTE. **ISTE standards for teachers: advancing digital age teaching**. Washington, D. C.: ISTE, 2008. Disponível em: <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-teachers>. Acesso em: 29 jun. 2025.

LEONTIEV, Aleksei Nikolaevich. **O desenvolvimento do psiquismo**. Tradução: José P. Netto. São Paulo: Centauro, 2004.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Unesco, 2000.

NICOLESCU, Basarab. **Manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo: Triom, 2014.

OECD. **OECD Legal Instruments**. Paris: OECD, 2021.

POLANYI, K. **A subsistência do homem e ensaios correlatos**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

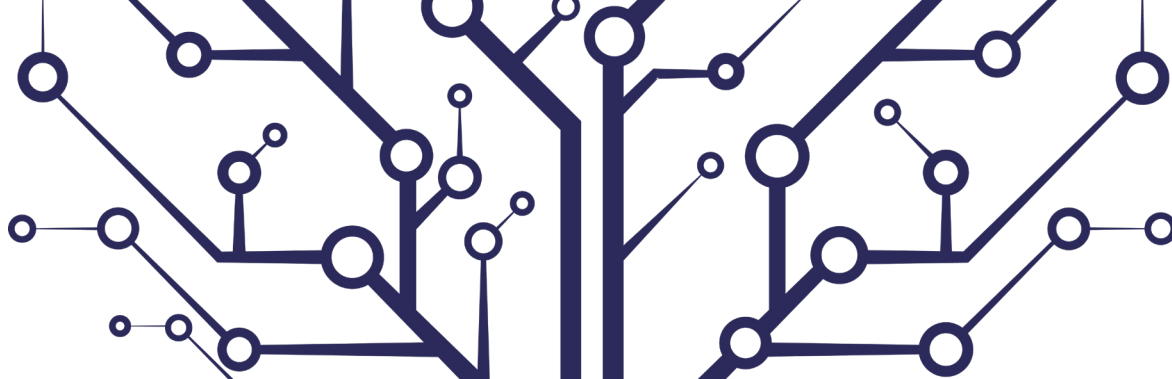
REDECKER, Christine; PUNIE, Yves. **European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>. Acesso em: 29 jun. 2025.

UNESCO. **ICT in education: teacher competency framework for ICT**. Paris: Unesco, 2015. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232997>. Acesso em: 29 jun. 2025.

UNESCO. **Reimaginar nossos futuros juntos: um novo contrato social para a educação**. Paris: Unesco, 2021.

WANG, F.; HANNAFIN, M. J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. **Educational Technology Research and Development**, [s. l.], v. 53, n. 4, p. 5-23, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02504682>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02504682>. Acesso em: 1 set. 2025.





---

# NAPI Eletrônica Orgânica

Andreia Gerniski Macedo<sup>1</sup>

Douglas José Coutinho<sup>2</sup>

Roberto Mendonça Faria<sup>3</sup>

Michelle Sostag Meruvia<sup>4</sup>

Paula Cristina Rodrigues<sup>5</sup>

Karen Wohnrath<sup>6</sup>

Edson Laureto<sup>7</sup>

Jarem Raul Garcia<sup>8</sup>

Christiana Andrade Pessoa<sup>9</sup>

Alexandre Urbano<sup>10</sup>

---

279

---

1 UTFPR - Curitiba; agmacedo@utfpr.edu.br

2 UTFPR - Toledo; douglascoutinho@utfpr.edu.br

3 UTFPR - Curitiba; faria@utfpr.edu.br

4 PUC-PR - Curitiba; michelle.meruvia@pucpr.br

5 UTFPR - Curitiba; paulac@utfpr.edu.br

6 UEPG - Ponta Grossa; kawoh@uepg.br

7 UEL - Londrina; laureto@uel.br

8 UEPG - Ponta Grossa; jrgarcia@uepg.br

9 UEPG - Ponta Grossa; capessoa@uepg.br

10 UEL - Londrina; aurbano@uel.br

## Resumo

O NAPI Eletrônica Orgânica (NAPI EO) é um projeto de colaboração em rede financiado pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná e Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná que reúne a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campi Curitiba, Toledo e Londrina, a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), a Universidade Estadual de Londrina (UEL), a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), a Universidade de Aveiro (Portugal), a Universidade de Karlstad (Suécia) e empresas do estado do Paraná (Robert Bosch, Sanepar, LACTEC, LABGEO, Grafeno do Brasil e América R&D), além de contar com a cooperação da Polícia Federal. Participam do projeto 19 pesquisadores doutores, sendo quatro atuantes em empresas da região. O NAPI EO tem como objetivos: realizar pesquisas em ciência e tecnologia de eletrônica orgânica; promover a divulgação científica à sociedade; e formar recursos humanos nas áreas de energias renováveis, cidades inteligentes e desenvolvimento sustentável, com foco nas demandas e desafios dos setores público e privado do estado do Paraná. As ações estão estruturadas em subprojetos, como os de síntese e caracterização de semicondutores orgânicos e nanomateriais, de processamento de filmes finos e eletrodos, de desenvolvimento de dispositivos sensores (óticos e elétricos) e de dispositivos para geração e armazenamento de energia.

**Palavras-chave:** eletrônica; semicondutores orgânicos; inovação.

## Abstract

The NAPI Organic Electronics (NAPI EO) is a collaborative network project funded by Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná and Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná, bringing together Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campi Curitiba, Toledo and Londrina, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Universidade de Aveiro (Portugal), Karlstad University (Sweden), and companies based in the state of Paraná (Robert Bosch, Sanepar, LACTEC, LABGEO, Grafeno do Brasil, and América R&D), in addition to cooperating with the Brazilian federal police. The project involves 19 PhD researchers, including four working directly in regional companies. NAPI EO aims to conduct research in the science and technology of organic electronics, promote scientific dissemination to society, and train human resources in the fields of renewable energy, smart cities, and sustainable development, focusing



on the demands and challenges of the public and private sectors in the state of Paraná. The project is structured into subprojects, including the synthesis and characterization of organic semiconductors and nanomaterials, the processing of thin films and electrodes, the development of optical and electrical sensing devices, and devices for energy generation and storage.

**Keywords:** electronics; organic semiconductors; innovation.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A Eletrônica Orgânica (EO) é uma área multidisciplinar de pesquisa que emprega materiais semicondutores orgânicos, tais como moléculas e polímeros conjugados, derivados de carbono, complexos organometálicos e materiais nanoestruturados. Trata-se de uma área emergente, com alto potencial de aplicação em setores estratégicos como energia, saúde, comunicação, segurança, saneamento e sensoriamento, gerando impactos diretos no desenvolvimento econômico, energético e social sustentável.

Os dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos baseados em EO são leves, flexíveis e de baixo custo, fabricados por meio de processos de impressão, o que viabiliza a produção em larga escala, com baixíssimo impacto ambiental. Produtos já consolidados no mercado, como televisores ultrafinos de alta resolução e telas flexíveis, são exemplos concretos do potencial dessa tecnologia.

O Brasil, especialmente o estado do Paraná, ocupa posição de destaque no Hemisfério Sul em termos de produção científica competitiva nessa área. Diversos laboratórios paranaenses formam recursos humanos altamente qualificados e estabelecem parcerias com empresas locais, criando um ambiente propício à inovação e ao fortalecimento das cadeias produtivas regionais.

No avanço das pesquisas em EO, destaca-se também o desenvolvimento de instrumentação eletrônica e ótica, acessível tanto para uso em campo quanto em laboratório.



O NAPI EO atua com base em três eixos centrais: síntese e caracterização de nanomateriais, moléculas e polímeros orgânicos; desenvolvimento de dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos aplicáveis aos setores de energia, meio ambiente e cidades inteligentes; e criação de instrumentação eletrônica e ótica eficiente, de baixo custo e com amplo potencial de aplicação.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

Seguindo a metodologia *design science research* (DSR) proposta (Dresch; Lacerda; Antunes Jr., 2015), o NAPI EO estrutura suas ações de pesquisa e desenvolvimento com base em uma abordagem científica voltada à resolução de problemas reais da sociedade. Essa metodologia é especialmente adequada ao contexto da EO, uma vez que promove a integração entre conhecimento teórico, prática experimental e soluções tecnológicas. A estrutura do NAPI EO contempla temas interligados, conforme descrito a seguir:

- a) síntese e caracterização de materiais: envolve a geração de compostos orgânicos, como polímeros conjugados, moléculas semicondutoras e nanomateriais híbridos, com variadas aplicações optoeletrônicas;
- b) desenvolvimento e caracterização de dispositivos: técnicas de fabricação de dispositivos de filmes ultrafinos, eletrônicos e optoeletrônicos, utilizando técnicas de baixo custo de deposição de filmes e de eletrônica impressa.

São processos inovadores na área da eletrônica, facilitando a fabricação de sensores orgânicos para monitoramento ambiental, células solares orgânicas aplicadas em superfícies flexíveis, dispositivos para armazenamento de energia, como supercapacitores à base de polímeros

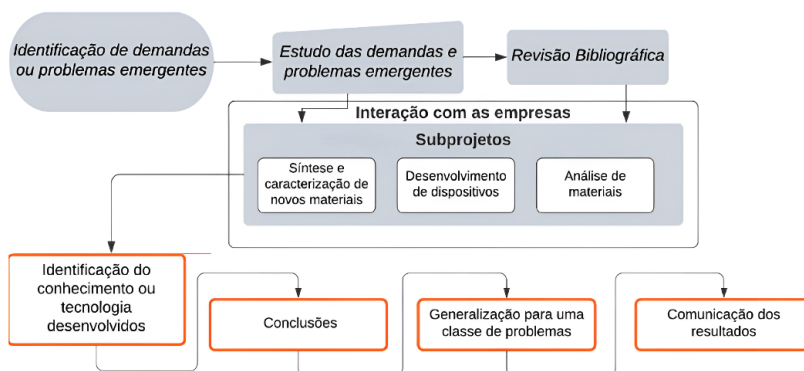


condutores e sensores de baixo custo para monitoramento de pressão aplicados à área da saúde ou em processos de produção industrial.

Além da produção científica, os subprojetos do NAPI visam gerar propriedade intelectual, formar recursos humanos especializados e estabelecer parcerias com prefeituras, secretarias estaduais e empresas, criando um ecossistema de inovação orientado por necessidades concretas da sociedade paranaense.

A Figura 1 ilustra essa articulação entre os eixos da pesquisa e os desafios sociais priorizados, evidenciando a coerência da abordagem DSR com os objetivos do programa.

Figura 1 – Diagrama com as etapas de execução do NAPI Eletrônica Orgânica



Fonte: Autoria própria.

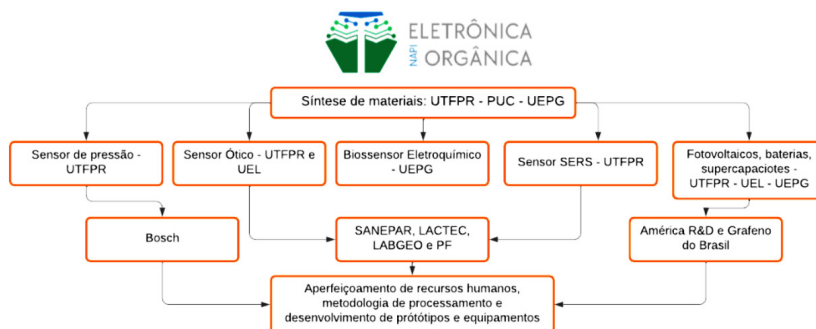


### 3 DESENVOLVIMENTO

O NAPI EO foi estruturado com base no modelo da quádrupla hélice, que integra de forma colaborativa os setores acadêmico, empresarial, governamental e da sociedade civil, promovendo inovação orientada para o bem comum. Além disso, o projeto mantém parcerias com instituições

nacionais e internacionais, fortalecendo sua atuação em rede e ampliando o alcance de seus resultados. O NAPI EO está organizado em sete subprojetos interconectados, que cobrem desde a pesquisa fundamental até o desenvolvimento de aplicações tecnológicas de impacto direto na sociedade. A estrutura organizacional do programa, apresentada na Figura 2, garante a articulação entre diferentes áreas de conhecimento, setores produtivos e políticas públicas.

Figura 2 – Estrutura organizacional do NAPI Eletrônica Orgânica



Fonte: Autoria própria.

Legenda: UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná; PUC – Pontifícia Universidade Católica; UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa; UEL – Universidade Estadual de Londrina; Sanepar – Companhia de Saneamento do Paraná.

No âmbito acadêmico, as atividades de pesquisa envolvem a síntese e caracterização de novos materiais e fabricação e caracterização de dispositivos avançados aplicados à energia e ao sensoriamento ambiental e biológico.

Na área de energia, sobressai o desenvolvimento de células solares orgânicas que podem ser aplicadas em superfícies flexíveis e integradas, e de supercapacitores e baterias, visando ao armazenamento energético mais leve e eficiente.

Na área de sensoriamento, os pesquisadores criam sensores óticos não poluentes, úteis ao monitoramento de qualidade da água e do ar, e sensores eletroquímicos de moléculas em ambientes urbanos, industriais e hospitalares, bem como de biomoléculas para o monitoramento ambiental.



A colaboração do NAPI EO com empresas e instituições públicas tem como resultado parcerias bem-sucedidas, destacando-se:

- a) Instituto LACTEC: sensores *in situ* para monitoramento da qualidade do óleo isolante em transformadores de alta potência, reduzindo custos de manutenção e aumentando a segurança da rede elétrica nacional com tecnologia desenvolvida no Brasil;
- b) Empresa Grafeno do Brasil: produção de grafeno de alta pureza, usando tecnologia impressa por *inkjet* e *blade coating*. Aplicações em baterias, supercapacitores e sensores impressos;
- c) Robert Bosch: desenvolvimento de sensores de pressão de baixo custo e tecnologicamente sustentáveis, aplicáveis à indústria automotiva, à base de lignina (resíduos da indústria papelreira);
- d) LABGEO, Sanepar e Polícia Federal: desenvolvimento de sensores óticos e eletroquímicos altamente seletivos e sensíveis à detecção de poluentes e resíduos de drogas em água, usando materiais grafiticos, sensores por impressão em três dimensões (*digital light processing*) e sensores óticos.



Outro diferencial do NAPI EO é a formação de profissionais altamente qualificados, com forte ênfase em empreendedorismo e inovação. Um exemplo concreto é a empresa América R&D, criada por um egresso do doutorado da UTFPR.

---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As ações desenvolvidas no âmbito do NAPI EO estão diretamente alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), que compõem uma agenda global voltada à erradicação da pobreza, proteção do meio ambiente e promoção da prosperidade para todos até 2030. Por meio da pesquisa científica

aplicada e da inovação tecnológica, o NAPI EO propõe soluções práticas que contribuem para enfrentar desafios concretos em diferentes regiões do estado do Paraná, com potencial de replicação nacional e internacional.

A exposição da população a substâncias químicas, poluentes atmosféricos e contaminantes da água e solo representa um dos fatores de risco à saúde pública. Os ODS 3 (Saúde e Bem-estar) e 6 (Água Potável e Saneamento) preveem a redução substancial de mortes e doenças associadas à poluição ambiental e à exposição a produtos químicos tóxicos até 2030.

Nesse contexto, o NAPI EO desenvolve sensores orgânicos e híbridos para o monitoramento em tempo real da qualidade da água, do ar e do solo, com foco em aplicações em áreas urbanas, industriais e rurais. Tais dispositivos, de baixo custo e baseados em tecnologia nacional, representam uma oportunidade estratégica para órgãos públicos como prefeituras, secretarias de Meio Ambiente e concessionárias de saneamento ampliarem sua capacidade de vigilância ambiental, contribuindo para ações preventivas de saúde e políticas públicas mais eficazes. Entre os exemplos concretos de aplicação, estão: sensores óticos e eletroquímicos para detecção de metais pesados, pesticidas, antibióticos e outras substâncias nocivas em água potável; e dispositivos descartáveis e sustentáveis que podem ser utilizados em análises de campo com resposta rápida, possibilitando a tomada de decisões em tempo hábil por parte dos gestores públicos.

A busca por fontes de energia limpa e renovável é uma das grandes prioridades globais. O ODS 7 (Energia Acessível e Limpa) estabelece a meta de aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética mundial e promover o acesso universal a serviços energéticos modernos, confiáveis e sustentáveis. Nesse cenário, o NAPI EO atua no desenvolvimento de tecnologias de conversão e armazenamento de energia, como: células solares orgânicas, leves, flexíveis e com potencial para integração em fachadas de edifícios, mobiliário urbano, veículos e dispositivos portáteis; e supercapacitores e baterias com eletrodos avançados, capazes de armazenar energia com eficiência e vida útil ampliada. Tais soluções são desenvolvidas com foco na redução de custos de produção e no uso de materiais sustentáveis, derivados de rotas verdes, que evitam a



utilização de metais raros ou processos industriais poluentes. Isso abre caminho para a democratização do acesso à energia a comunidades remotas ou em contextos de vulnerabilidade energética.

A inovação é um dos pilares do desenvolvimento industrial sustentável. O ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) propõe a modernização da infraestrutura industrial, o aumento da eficiência dos processos produtivos e o fortalecimento da pesquisa e inovação tecnológica como instrumentos para o crescimento econômico. O NAPI EO, por sua natureza interdisciplinar e aplicada, representa um exemplo concreto de como a integração entre universidades, empresas e instituições públicas pode resultar em soluções tecnológicas que resolvem problemas reais das indústrias local e regional. Sete subprojetos são conduzidos em estreita colaboração com empresas paranaenses, permitindo que estudantes e pesquisadores atuem em ambientes de inovação e empreendedorismo tecnológico, ou seja, de atuação conjunta com empresas como Bosch, Lactec e Grafeno do Brasil, que contribuem com demandas específicas, insumos avançados e validação de aplicações em ambiente industrial. Essas atividades proporcionam um ecossistema inovador, capaz de formar profissionais altamente capacitados, fomentar novos empreendimentos de base tecnológica e estimular o fortalecimento da indústria paranaense.



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

O valor global recebido para as atividades do NAPI é de R\$ 2.128.973, distribuído em custeio (61%) e capital (39%). O impacto positivo é imediato, pela disponibilidade de bolsas e pelo envolvimento efetivo dos estudantes, que desenvolvem projetos em parceria com empresas e institutos de pesquisa.

Para aplicações em EO flexível, substratos plásticos atuam como suporte para circuitos eletrônicos, constituindo sua maior fração mássica. Os plásticos apresentam propriedades importantes, como flexibilidade, transparência e resistências mecânica, química e a variações de temperatura e umidade.

Para evitar resíduos plásticos, propõe-se o uso de substratos biodegradáveis, de ácido polilático (PLA), poli-hidroxibutirato-valerato (PHBV), ou nanocelulose (Figura 3). Os substratos biodegradáveis podem ser usados com técnicas de impressão por *inkjet*, serigrafia ou *sputtering* para produção de dispositivos.

Figura 3 – Substratos flexíveis produzidos no NAPI Eletrônica Orgânica



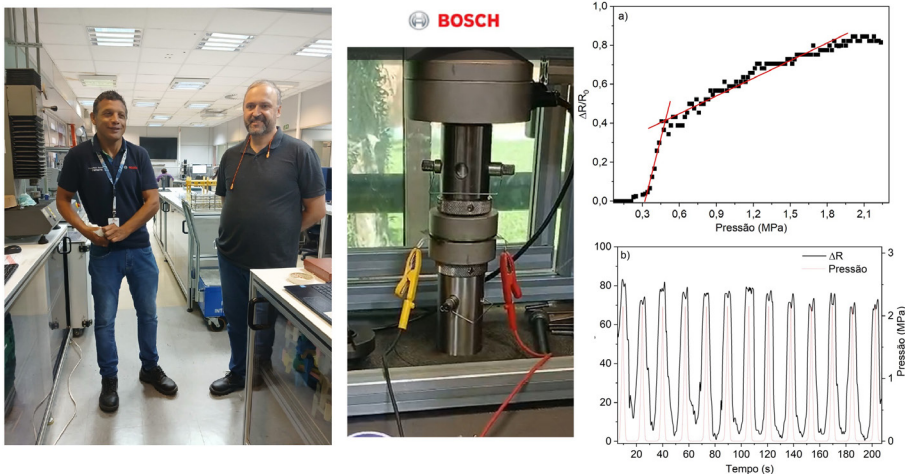
Fonte: Autoria própria.

Legenda: A) Substrato transparente e biodegradável com base em ácido polilático (PLA) ou poli-hidroxibutirato-valerato (PHBV) e nanocelulose; (B) eletrodo de alumínio depositado sobre esse substrato.

Em colaboração com a empresa Robert Bosch, o NAPI EO atua para resolver limitações técnicas de sensores de pressão convencionais, como a baixa linearidade e a rápida degradação. Materiais como as cerâmicas piezoelétricas não são adequados para todas as condições ambientais. A solução proposta combina nanotubos de carbono, polianilina e um resíduo da indústria papeleira (lignina), criando um sensor com alta linearidade até 14 MPa e resistência aprimorada a deformações mecânicas. O protótipo encontra-se em fase de testes nas instalações da Bosch (Figura 4).



Figura 4 – Pesquisador e bolsista do NAPI Eletrônica Orgânica em testes dos sensores de pressão nas instalações da Robert Bosch

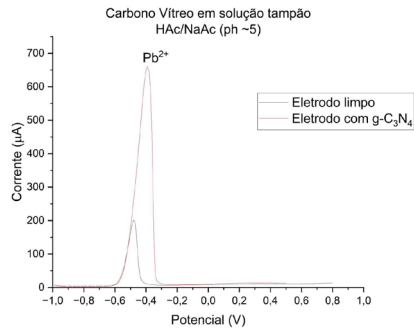
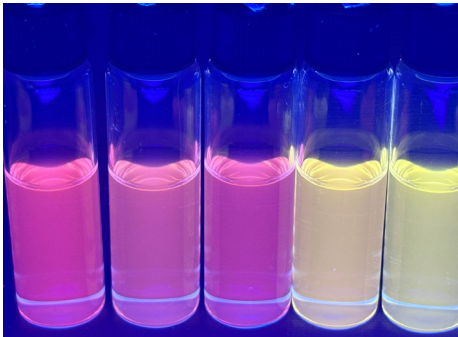


Fonte: Autoria própria.

A formação de recursos humanos na área de síntese, caracterização e aplicação de novos materiais em sensores colorimétricos e eletroquímicos é uma das contribuições do NAPI EO para a sociedade paranaense, sobretudo em aplicações para a detecção de poluentes ambientais, como cátions de metais pesados. Dois desses sistemas, mostrados na Figura 5, foram preparados por bolsistas do NAPI EO. O cromo hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ) é uma espécie tóxica à saúde e comumente utilizado em processos industriais. A exposição ao  $\text{Cr}^{6+}$  pode causar câncer e afetar o sistema respiratório, rins, fígado, pele e olhos. Estudos para a obtenção de um sensor colorimétrico portátil, baseado em um polímero conjugado, estão em desenvolvimento (Figura 5A). Cátions de metais pesados, como  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  e  $\text{Cd}^{2+}$ , estão sendo analisados por meio de um sensor eletroquímico de nitreto de carbono grafítico ( $\text{g-C}_3\text{N}_4$ , Figura 5B).



Figura 5 – Frascos com sensores óticos e resposta do sensor: (A) sensor colorimétrico com polímeros conjugados para a detecção de íons cromo hexavalente; (B) sensor eletroquímico para a detecção de cátions metálicos

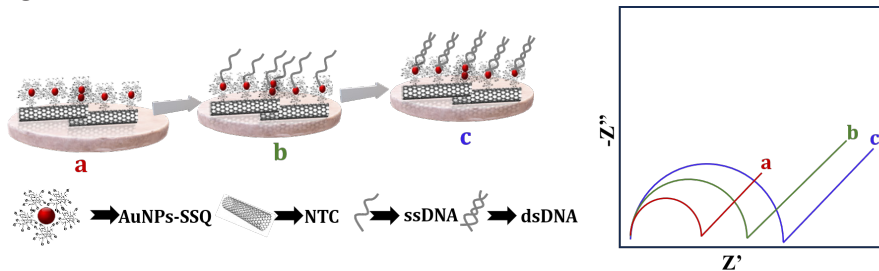


Fonte: Aatoria própria.

Outro exemplo em fase de aprimoramento é o desenvolvimento de um biossensor eletroquímico de alta sensibilidade baseado em compósitos a base do polímero orgânico-inorgânico silsesquioxano (Zahrebelnei et al., 2024) formados por nanotubos de carbono e nanopartículas de ouro dispersas em uma matriz de sílica para detectar o DNA da bactéria promotora de crescimento vegetal *Azospirillum brasilense* em amostras de solo (Figura 6). A validação em amostras reais apresentou resultados comparáveis aos da reação em cadeia da polimerase quantitativa (Zahrebelnei et al., 2025). Com a fase de aprimoramento de seletividade e portabilidade, essa tecnologia permitirá o monitoramento em tempo real, com baixo custo e alta precisão, facilitando a agricultura de precisão, já que extratos dessa bactéria são utilizados como fertilizantes em culturas de milho e trigo, diminuindo a quantidade de fertilizantes químicos, de modo a promover a sustentabilidade.



Figura 6 – Biossensores.



Fonte: Autoria própria.

Legenda: (A) Eletrodo com nanopartículas de ouro dispersas em uma matriz de sílica e nanotubos de carbono; (B) imobilização de DNA fita simples; (C) hibridização com DNA bacteriano e diagramas de Nyquist

No tema energia, o NAPI EO atua no desenvolvimento de materiais e eletrodos para fotovoltaicos e baterias. No estado da arte atual, microdispositivos orgânicos aliados a microbaterias flexíveis oferecem vantagens sem precedentes para miniaturização e design inovador, no entanto persistem desafios relacionados à capacidade limitada de armazenamento de energia e à autonomia, principalmente por causa da dificuldade de alcançar a fase cristalina e o empacotamento atômico ideais para a difusão iônica eficiente dos materiais catódicos, uma vez que os métodos de síntese convencionais exigem altas temperaturas, que são incompatíveis com os substratos flexíveis. Para superar a dependência de tratamentos térmicos adicionais, o NAPI EO dedica-se à otimização das variáveis de deposição de óxido litiado ternário ( $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ ) por *radio frequency magnetron sputtering* sobre substratos flexíveis.

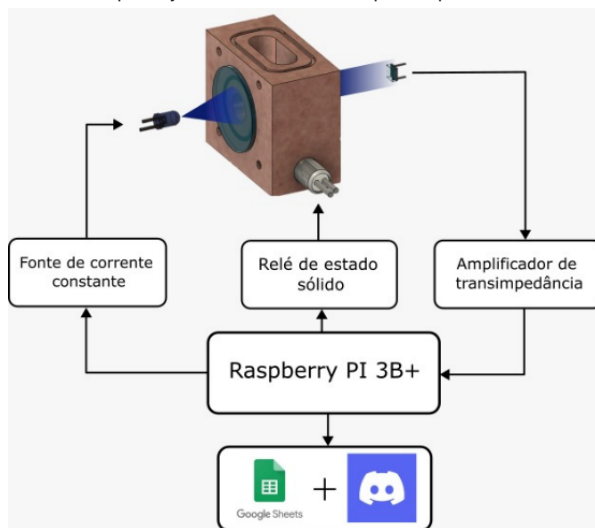
O desenvolvimento de instrumentação científica e tecnológica de baixo custo, portátil e com resposta rápida é um dos objetivos do NAPI EO e fundamental para análises em campo, especialmente em contextos industriais, ambientais e de infraestrutura crítica. Reconhecendo essa necessidade, subprojetos são dedicados ao desenvolvimento de instrumentos optoeletrônicos e eletroquímicos, com foco em aplicações de interesse público e estratégico. Um exemplo é o da parceria entre o NAPI EO e o Lactec.



Quedas ou falhas em transformadores de potência representam um dos principais riscos operacionais para as concessionárias de energia. Na maioria dos casos, as falhas decorrem da degradação progressiva de materiais internos. A perda de propriedades dielétricas de isoladores internos pode ocasionar curtos-circuitos e danos irreversíveis. É crucial, portanto, o monitoramento contínuo e preventivo do óleo isolante dos transformadores. Tradicionalmente, as análises são feitas em amostras coletadas manualmente e analisadas em laboratório, num processo demorado, oneroso e com risco de exposição ao operador. O NAPI EO desenvolveu um protótipo de dispositivo optoeletrônico portátil capaz de realizar medições espectroscópicas em tempo real das propriedades do óleo isolante, sistema ilustrado na Figura 7. O controle é feito por computador com envio automático de dados para a nuvem, permitindo o acesso remoto por equipes técnicas.



Figura 7 – Diagrama de blocos descrevendo a comunicação entre o Raspberry PI e os módulos do protótipo



Fonte: Autoria própria.

A evolução dos subprojetos ocorre em workshops realizados periodicamente, nos quais são apresentados e discutidos os resultados das

equipes de pesquisa. Algumas ações podem ser encontradas em Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (2024), Giacomassa (2024) e NAPI Eletrônica Orgânica (2025).

---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O NAPI EO estrutura suas ações integrando pesquisa fundamental e aplicada em projetos interligados, que visam apresentar soluções para diferentes setores, tais como energia, indústria, meio ambiente, agricultura, entre outros. Os subprojetos envolvem a síntese e caracterização de materiais, o desenvolvimento de dispositivos óticos, eletrônicos e optoeletrônicos de baixo custo, além de instrumentação portátil para monitoramento ambiental, industrial e agrícola. Destacam-se inovações como sensores de poluentes, biossensores para detecção de bactérias do solo, dispositivos de monitoramento de óleo de transformadores, dispositivos para geração/armazenamento de energia e instrumentação optoeletrônica para análise em campo, contribuindo para a sustentabilidade, segurança e avanço tecnológico.

Na parceria com o Lactec na área de transformadores, o NAPI EO desenvolve sensores e instrumentação de baixo custo, visando monitorar em tempo real a degradação de óleo isolante. Essa pesquisa é relevante ao setor elétrico por aumentar a segurança da transmissão de energia e reduzir custos. A pesquisa feita em parceria com a Bosch de Curitiba na área de sensores de pressão aplicados a motores e outros sistemas automotivos, é um exemplo de parceria do NAPI EO com o setor privado. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de sensores aplicados à detecção de poluentes ao meio ambiente, sobretudo de metais pesados em água, é uma demanda das companhias de saneamento e empresas que atuam no setor ambiental, como já demonstrado pela empresa paranaense Labgeo.



Essa abordagem impulsiona a criação de dispositivos autônomos, energeticamente eficientes e ambientalmente responsáveis, capazes de atuar em redes inteligentes de monitoramento, diagnósticos em tempo real e gestão de recursos naturais.

O ecossistema de inovação estabelecido pelo NAPI EO evidencia o papel estratégico da EO como vetor de transformação tecnológica, consolidando o Paraná como polo de excelência em pesquisa aplicada e em tecnologias habilitadoras para um futuro mais sustentável, inteligente e conectado.

A trajetória do NAPI EO apresenta avanços significativos no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e na formação de um ecossistema de inovação integrado aos setores produtivo, público e acadêmico. Todavia, o projeto enfrenta desafios complexos, que incluem a necessidade de ampliar a escala de produção dos dispositivos desenvolvidos para torná-los produtos comercializáveis para os diagnósticos em tempo real, garantir a sustentabilidade financeira a longo prazo e consolidar a transferência de tecnologia para o setor industrial. Apesar disso, as perspectivas são promissoras, com a consolidação de parcerias internacionais, o fortalecimento da formação de recursos humanos especializados e o uso estratégico de tecnologias emergentes, como eletrônica impressa e materiais biodegradáveis. Portanto, o NAPI EO posiciona-se como uma equipe qualificada para atender aos desafios do desenvolvimento sustentável.



## REFERÊNCIAS

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. **Design science research**. Cham: Springer International Publishing, 2015.

FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Pesquisas em eletrônica orgânica recebem R\$ 2,1 milhões em investimentos do Governo do Estado**. Curitiba: Fundação Araucária, 2024. Disponível em: <https://www.fappr.pr.gov.br/Noticia/>

Pesquisas-em-Eletronica-Organica-recebem-R-21-milhoes-em-investimentos-do-Governo-do-Estado. Acesso em: 6 ago. 2025.

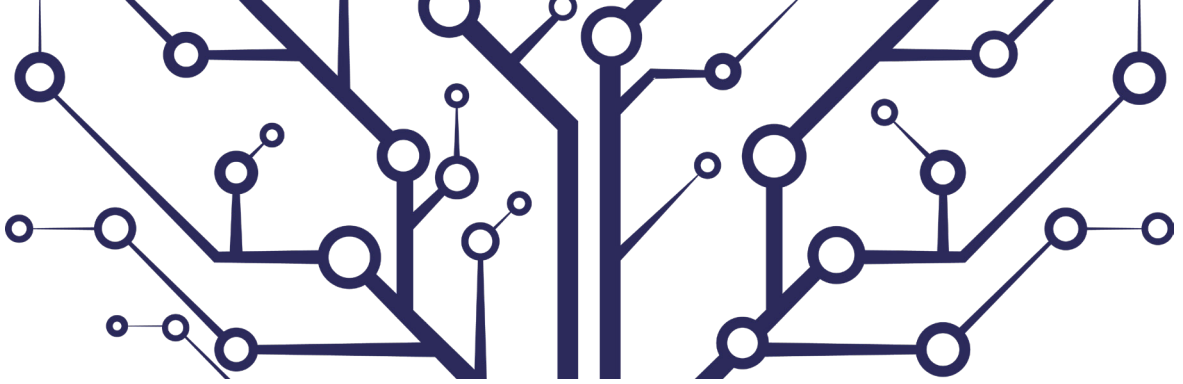
GIACOMASSA, J. O futuro é orgânico. **Conexão Ciência**, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://conexaociencia.com.br/napi-eletronica-organica-o-futuro-e-organico/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

NAPI ELETRÔNICA ORGÂNICA. **Portal**. Curitiba: NAPI Eletrônica Orgânica, [2024]. Disponível em: <https://napi-eletronica-organica.webnode.page/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

ZAHREBELNEI, F. *et al.* A sensitive electrochemical DNA biosensor for detecting the genome of a plant growth-promoting bacteria. **Talanta**, v. 286, p. 127484, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914024018666?via%3Dihub>. Acesso em: 6 nov. 2025.

ZAHREBELNEI, F. *et al.* Silsesquioxanes as promising materials for the development of electrochemical (bio)sensors. **Chemosensors**, [s. l.], v. 12, n. 12, p. 259, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/chemosensors12120259>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9040/12/12/259>. Acesso em: 6 ago. 2025.





---

# NAPI Manna Academy:

## Tecnologias, Pessoas, Lugares e Futuros Exponenciais

Linyer Beatrys Ruiz Aylon<sup>1</sup>  
Rodrigo Calvo<sup>2</sup>  
Wuigor Bine<sup>3</sup>  
Bianca Moggio<sup>4</sup>  
Tiago Madrigar<sup>5</sup>

---

296

- 
- 1 UEM - Maringá; lbruiz@uem.br
  - 2 UEM - Maringá; rcalvo@uem.br
  - 3 UFMG - Belo Horizonte (MG); wugorbim@gmail.com
  - 4 UEM - Maringá; biancamoggio@gmail.com
  - 5 UEM - Maringá; tiagotmadrigar@gmail.com

## Resumo

O NAPI Manna Academy é executado pelo Manna\_Team, a maior teia de pesquisa, ensino, desenvolvimento, inovação e popularização da ciência em hardware, software para tecnologias exponenciais e educação 5.0. O Manna\_Team conta com ampla participação de professores pesquisadores, graduandos, pós-graduandos, professores e estudantes da educação infantil e da educação básica de diferentes instituições e cidades. Também reúne empresários e membros da comunidade em geral. Atualmente, o Manna\_Team está presente em 133 municípios de 23 unidades da federação das cinco regiões geográficas do Brasil, reunindo uma rede de mais de mil membros, entre estudantes e professores de 69 campi de instituições de ensino superior (universidades e institutos), 301 escolas públicas brasileiras e 15 institutos, além de empresários(as), sociólogos(as), advogados(as) e cidadãos(ãs) comuns. O Manna\_Team tem 56 pesquisadores(as) doutores(as) — 14 mulheres e 42 homens — e 42 pesquisadores com titulação de mestre, sendo 17 mulheres e 25 homens. Atualmente, 54 bolsistas de iniciação científica estão em formação no ecossistema. Entre 2023 e 2025, o Manna atendeu 80.304 pessoas em suas atividades de capacitação, extensão, inovação e popularização da ciência, organizou e realizou 104 eventos de capacitação, formação e divulgação científica, participou de 67 eventos de popularização da ciência e formou 37 professores residentes no Programa Residência 17 TICs, uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

**Palavras-chave:** tecnologias exponenciais; inteligência artificial; internet das coisas; internet dos drones; metaverso; quântica; educação 5.0; Manna.

## Abstract

NAPI Manna Academy is operated by Manna\_Team, the largest network focused on research, teaching, development, innovation, and the popularization of science in hardware and software for exponential technologies, as well as education 5.0. Manna\_Team encourages broad participation from research professors, undergraduate and graduate students, teachers, and students from early childhood and basic education, representing several institutions and cities. The network also includes entrepreneurs and members of the general community. Currently, Manna\_Team is active in 133 municipalities across 23 states in Brazil, encompassing all five geographic regions of the country. The network comprises more than 1,000 members, including students and professors from 69 higher education institutions (universities and institutes), 301 Brazilian public schools, and 15 institutes. Additionally, it includes entrepreneurs, sociologists, lawyers, and community



members. Manna\_Team consists of 56 PhD researchers (14 women and 42 men) and 42 researchers with master's degrees (17 women and 25 men). At present, 54 undergraduate research fellows (scientific initiation) are receiving training in the ecosystem. Between 2023 and 2025, Manna reached 80,304 people through its activities in training, outreach, innovation, and the popularization of science. During this period, it organized and conducted 104 training, educational, and scientific dissemination events, participated in 67 science popularization events, and trained 37 resident teachers through the 17 information and communications technology pedagogical residency program, an initiative focused on exponential technologies promoted by the Brazilian Ministry of Science, Technology, and Innovation.

**Keywords:** exponential technologies; artificial intelligence; internet of things; internet of drones; metaverse; quantum; education 5.0; Manna.



---

## 1 INTRODUÇÃO

298

O objetivo geral do NAPI Manna Academy é apoiar a continuidade das atividades do Manna\_Team no desenvolvimento do ecossistema de pesquisa, extensão e inovação em tecnologias exponenciais e educação 5.0, contribuindo para a difusão dos seus produtos científicos e tecnológicos, de modo que o Paraná tenha um diferencial competitivo, haja vista as competências desenvolvidas em termos de hardware, software e talentos humanos.

O Manna tornou-se a maior rede de pesquisa, extensão e inovação em tecnologias exponenciais e educação 5.0 do Paraná e uma das maiores do Brasil. Há mais de 25 anos desenvolve inovação e tecnologia. Conta com ampla participação de pesquisadores, estudantes e professores da educação infantil (ensino fundamental I e II, ensino médio, ensino técnico, ensino de jovens e adultos) e de cursos de graduação e pós-graduação de múltiplas áreas do saber de diferentes instituições e cidades. Também reúne empresários e membros da comunidade em geral.

O Manna vem se destacando na pesquisa, extensão e inovação em internet das coisas (do inglês, internet of things, conhecido como IoT)

(Zukeram *et al.*, 2023), internet dos drones (do inglês, internet of drones, conhecido como IoD) (Bine *et al.*, 2024), internet robótica das coisas (do inglês, internet of robotic things, conhecido como IoRT), internet de todas as coisas (do inglês, internet of everything, conhecido como IoE), Quântica, Metaverso (Dörr; Aylon, 2024a; 2024b) e Inteligência Artificial (IA) em diferentes cenários e mercados, bem como na formação de recursos humanos.

As tecnologias, sobretudo as exponenciais e a quântica, são temas contemporâneos e instigantes que possibilitam o desenvolvimento de protótipos, aplicações e modelos de negócio inovadores. Elas promovem o empreendedorismo disruptivo, fortalecem o protagonismo juvenil e abrem caminhos para a idealização de um futuro mais tecnológico, inclusivo e transformador. As tecnologias exponenciais são caracterizadas por seu impacto disruptivo e potencial de transformar rapidamente a sociedade, abrindo caminho para novos cenários, mercados e ocupações.

O Manna tornou-se referência mundial em IoD como um dos grupos que tem o maior número de artigos na área, que é recente no âmbito de pesquisa e cujos projetos de hardware demandam soluções multidisciplinares. O Manna\_Team é reconhecido como pioneiro nessa área de pesquisa, bem como em educação 5.0 (Madrigar; Calvo; Aylon, 2025), o que levou à abertura de várias frentes de ensino-aprendizagem de tecnologias exponenciais e microeletrônica em centenas de escolas públicas no Brasil.



---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

Uma sociedade que reconhece o poder transformador da tecnologia e incentiva o movimento de aproximação de universidades com escolas tem chances maiores de mudar o seu futuro. O engajamento universidade-escola-governo-sociedade é uma ferramenta poderosa a favor do aprendizado, da inovação e da construção de conceitos relevantes relacionados

com a cidadania. A capacitação rápida de professores e/ou replicadores em uma abordagem de *bootcamp* é uma das formas de desenvolver oportunidades para a educação do agora e do futuro e de grande impacto para estimular os estudantes a prosseguirem em seus estudos.

O futuro é construído por todos e, especialmente, com as tecnologias exponenciais, que devem estar acessíveis para todos e ser conhecidas pela maioria. Quando essas tecnologias são usadas como meio para o despertar de *soft skills* e apoio aos conteúdos em sala de aula, há uma grande oportunidade para a inovação e disrupção.

Quando se trata de educação contemporânea, o Brasil pode contar com o Manna, uma importante teia de formação de empreendedores que favorece a transformação do ambiente universitário e escolar, estimula a criatividade e promove o surgimento de cidadãos 5.0 – profissionais que, além de terem conhecimento singular sobre sua área, têm a habilidade de unir tecnologia com inteligência social e apresentam independência intelectual, perfil empreendedor e capacidade de alavancar novos projetos –. Esses cidadãos são capazes de propor soluções que contribuam para auxiliar a sociedade em seus novos desafios, promovendo inovação, novos negócios (disruptivos) e engajamento na quádrupla hélice: universidade-indústria-governo-sociedade.

O trabalho extensionista considera a contribuição das pesquisas em educação 5.0 para a ampliação das competências cognitivas e socioemocionais, tão importantes para a sociedade 5.0. Os artigos publicados, as diversas atividades extensionistas, o número de pessoas alcançadas e a metodologia definida evidenciam o valor e o impacto do trabalho realizado.



---

### 3 DESENVOLVIMENTO

O Manna foi inicialmente estabelecido como um projeto de pesquisa, extensão e inovação no ano 2000 e passou a ser um ecossistema em 2008, com sede na Universidade Estadual de Maringá (UEM). Ele

recebe mestrandos, doutorandos e pós-doutorandos para a elaboração de projetos de pesquisa e desenvolvimento por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação, da UEM, dos programas de Pós-Graduação em Ciências da Computação e em Engenharia Elétrica, ambos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), entre outros. Todos os doutorandos e mestrandos do Manna são extensionistas também.

A extensão inovadora contribui para o avanço do estado da arte em educação 5.0, um tema de pesquisa em que o Manna é um *first mover*, ou seja, aquele que inventa algo com base no que existe – título dado ao movimento que lidera esse tipo de inovação.

Entre 2023 e 2025, o Manna realizou 104 eventos e participou de 67 deles em diferentes locais, tais como:

- a) museus: Manna Meninas (2023), no Museu do Amanhã; Manna Chips (2023), no Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro; Manna (2023 e 2025), no Museu Oscar Niemeyer, com os eventos Manna BRAX BootCamp, Manna Experience BootCamp, Manna Pessoas Exponenciais, Manna Noite no Museu, Manna Quantum Festival Bootcamp, Manna BRAX Talks, Manna Heroes Meeting e Manna Celebration;
- b) feiras agropecuárias: participação na Expoingá (2019, 2022, 2023, 2024 e 2025), com destaque para as edições 2022, 2023, 2024 e 2025 dos eventos Manna Agro BootCamp e Manna Galáxias BootCamp e para a edição 2025 do evento Manna Quantum BootCamp. Em 2018, o Manna\_ Team também participou do Hackathon Agro. Esses eventos reúnem um grande público no interior do Brasil;
- c) praias: o Manna realizou o Manna on the Beach nas praias de Caiobá (PR) e Bombinhas (SC), em janeiro de 2024;
- d) instituições de acolhimento: eventos contínuos na Associação Assistencial e Promocional Rainha da Paz e no Centro de Convivência Lar Sagrada Família, de Cidade Gaúcha (PR), voltados a crianças e adolescentes em situação de risco e vulnerabilidade social;
- e) carretas: Manna Truck Experience, realizado na cidade de Morretes (PR) em janeiro de 2025 em na Carreta de Inovação do Governo do Paraná;
- f) comunidades (favelas): o Manna Chip Inclusivo foi promovido nas comunidades do Rio de Janeiro, com atividades realizadas nas Naves



do Conhecimento – Centros de Inovação e Inclusão Digital do Rio de Janeiro;

- g) delegacias: realização do Manna Gaeco em 2024, um ciclo de popularização e atualização em IA na delegacia sede do Grupo de Atuação Especial de Combate ao Crime Organizado, em Maringá (PR);
- h) comunidades indígenas: em parceria com a Associação Indigenista de Maringá, o Manna\_Team realizou o Manna Curumim Cunhatã em 2023 e 2024;
- i) Associações de Pais e Amigos dos Excepcionais (Apaes): eventos realizados em unidades da Federação Nacional das Apaes (Apae Brasil), maior rede de defesa e garantia de direitos das pessoas com deficiência intelectual e deficiência múltipla da América Latina, com destaque para as ações na unidade de Paiçandu (PR) e de Presidente Epitácio (SP) em 2023, 2024 e 2025;
- j) escolas públicas: 301 escolas de todo o Brasil recebem *bootcamps* do Manna durante o ano;
- k) universidades e institutos públicos: 69 campi recebem *bootcamps* do Manna durante o ano;
- l) Semana Nacional de Ciência e Tecnologia: com participação do Manna\_Team desde 2010, em 2022, 2023, 2024 e 2025 o grupo foi convidado a expor seus trabalhos nos estandes do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, em Brasília (DF);
- m) Festival Internacional Pint of Science: em maio dos anos de 2019, 2023 e 2024, o Manna\_Team levou a ciência para os bares, cujos clientes tiveram a oportunidade de conhecer e experimentar as tecnologias exponenciais, além de participarem de dinâmicas de *soft skills* e de desafios práticos no melhor do movimento *maker*. Nos anos de 2020, 2021 e 2022, as atividades foram suspensas por conta da pandemia de covid-19.

O registro fotográfico e as atualizações contínuas de todas as ações e os eventos promovidos pelo ecossistema são divulgados publicamente no perfil do Instagram da equipe e em seu site institucional (Manna Team, 2025a; 2025b).



---

### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Ao considerar a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, os trabalhos do NAPI Manna Academy seguem com abordagens que visam à paz, à prosperidade e à parceria entre as pessoas e o planeta. Entre as metas e os objetivos, alguns foram bastante articulados no projeto na fase de construção dos protótipos. São eles:

- a) ODS 2: fome zero e agricultura sustentável;
- b) Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 4: Educação de qualidade;
- c) ODS 3 saúde e bem-estar;
- d) ODS 5: Igualdade de gênero;
- e) ODS 6: Água potável e saneamento;
- f) ODS 7: Energia limpa e acessível;
- g) ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis;
- h) ODS 12 consumo e produção responsáveis;
- i) ODS 13 ação contra a mudança global do clima;
- j) ODS 17 parcerias e meios de implementação.



---

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

Atualmente, o Manna\_Team está presente em 133 municípios de 23 unidades da federação das cinco regiões geográficas do Brasil, reunindo uma rede de mais de mil membros, entre estudantes e professores de

69 campi de instituições de ensino superior (universidades e institutos), 301 escolas públicas brasileiras e 15 institutos, além de empresários(as), sociólogos(as), advogados(as) e cidadãos(ãs) comuns. Além dos recursos do NAPI Manna Academy, o Manna tem apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, CNPq, Softex Nacional e Núcleo Softex Campinas.

Entre 2023 e 2025, o Manna atendeu 80.304 pessoas em suas atividades de capacitação, extensão, inovação e popularização da ciência, organizou e realizou 104 eventos de capacitação, formação e divulgação científica, participou de 67 eventos de popularização da ciência e formou 37 professores residentes no Programa Residência 17 TICs, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

O Manna\_Team tem 56 pesquisadores(as) doutores(as) – 14 mulheres e 42 homens – e 42 pesquisadores com titulação de mestre, sendo 17 mulheres e 25 homens. Atualmente, 54 bolsistas de iniciação científica estão em formação no ecossistema em 2025.

A aproximação entre escolas de vários níveis de escolarização e universidades de diferentes lugares é surpreendente. Ela não só acontece na relação um para um; torna-se uma relação muitos para muitos. Por exemplo, um estudante de uma escola de Oriximiná (PA) que está aliada com o Manna Amazônia, cuidado pela Universidade Federal do Pará (UFPA), conhece o professor universitário da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e troca mensagens com os estudantes de uma escola de Cianorte (PR). Os professores das escolas de Oriximiná e Cianorte acabam conhecendo outros colegas e vários professores de inúmeras universidades. Essa trama é saudável, rica e produtiva.

O Manna alcançou resultados expressivos em números, mas os resultados qualitativos são muito maiores. O impacto desse movimento de professores com seus estudantes é transformador.

Importa considerar como resultado o surgimento de uma geração de pesquisadores e extensionistas altamente qualificados, incluídos digitalmente e comprometidos com a ética, a sustentabilidade, os valores e a comunidade e a manutenção de talentos com potencial para o desenvolvimento de produtos e serviços de alto conteúdo tecnológico. Trata-se de universitários mais conscientes da realidade do país e cientes de que são modelo e



inspiração para os estudantes de escolas públicas. Universitários que não só aplicam oficinas, cursos e palestras, mas também que se tornam protagonistas na criação de obras.

Fazer pesquisa em hardware, em sistemas de computação exige muito mais recursos, espaço físico e infraestrutura do que em software. Os resultados também demoram mais para aparecer. Um erro em hardware é extremamente caro, e uma operação mal planejada ou um acidente na montagem pode gerar um prejuízo incalculável. Levar hardware para escolas é caro, é desafiador, é importante e pouco estimulado no Brasil. Levar *bootcamps* de hardware para escolas de cidades pequenas ou escolas de periferia é ainda uma atividade quase inédita.

Teias são construídas com a articulação de bons líderes, que entendem seu propósito, confiam em suas equipes e buscam incansavelmente recursos econômicos e financeiros para que as atividades aconteçam com qualidade e segurança. Um dos resultados de maior impacto no Manna foi o desenvolvimento de um ambiente para a formação de gestores de grandes projetos, que recebeu o título de Manna Heroes. Essa é uma experiência de alto impacto na formação dos pesquisadores da próxima geração.

O projeto tem se mostrado relevante para a aproximação de universidades e escolas, estabelecendo um modelo que potencializa o intercâmbio de saberes e que contribui para o surgimento de uma geração de universitários, mestres, doutores e profissionais comprometidos com a ética, com o bem-estar, com o meio ambiente e com uma sociedade melhor e mais inclusiva.



---

## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

O ecossistema é gigante para a realidade onde está inserido. Ele é uma das maiores redes de pesquisa e extensão do Paraná e do Brasil.

A experiência com o Manna nas escolas e nas atividades que articulam a universidade com as escolas mostrou que o interesse de estudantes por áreas como computação, engenharias ou microeletrônica pode ser estimulado por meio de iniciativas que os aproximem desse universo, especialmente no caso das meninas, em nível escolar oportuno, ou seja, durante o ensino médio, período em que a escolha profissional ocupa o imaginário adolescente.

Apesar de a temática técnica abordar assuntos nada triviais, como eletrônica, computação e suas aplicações tais como IoT, IA e robótica, a democratização do conhecimento universitário é viável, e verificou-se que a parceria entre os atores da educação infantil, da educação básica e do ensino superior pode ser possível, exitosa e empoderadora. Essa parceria foi além, permitindo a aplicação prática do conhecimento, contribuindo para uma formação mais integral dos universitários e estimulando a mobilidade interinstitucional entre estudantes de níveis de ensino diferentes.

Fazer parte de uma rede de aprendizagem colaborativa que promove o intercâmbio entre sujeitos, saberes, laboratórios e tecnologias, aliado à discussão de problemas reais do planeta, como equidade de gênero na atuação profissional, só aumenta a relevância da execução do Manna Academy. O projeto oportuniza minimizar mitos, encurtar distâncias, fomentar a criatividade e, principalmente, potencializar ações com práticas colaborativas.

Importa considerar como resultado ainda esperado a continuidade das ações nas escolas, de maneira especial aquelas a serem desenvolvidas pelas professoras e alunas participantes do projeto.

Em suma, o Manna definiu pequenas metas e tem gerado excelentes resultados em contribuições que vão além da pesquisa, com apoio da Fundação Araucária, da SETI, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, da Softex Nacional, do Núcleo Softex Campinas e do CNPq. São elas: a integração das atividades de pesquisa, ensino, extensão e inovação com as demandas sociais e com a formação integral do cidadão; a inclusão de deficientes visuais; o acolhimento de meninas; o estímulo ao domínio da tecnologia e ao caráter empreendedor e de inovação desde a educação infantil, o ensino fundamental I e II até a pós-graduação; a popularização da ciência, com amplo diálogo com a sociedade; a formação



humana comprometida com a ética, a integridade, o florescimento e a atuação transformadora; a ampliação dos espaços de convivência, cultura e socialização; o despertar de vocações e perfis de excelência; o estímulo à participação de meninas nas áreas de computação, engenharias e microeletrônica; a preocupação com o ensino-aprendizagem de pessoas especiais e com altas habilidades, particularmente as meninas; e o desenvolvimento de metodologias e artefatos que auxiliem no ensino não formal de tecnologia.

---

## REFERÊNCIAS

BINE, L. M. S. *et al.* Flavors of the next generation of unmanned aerial vehicles networks. **IEEE Internet of Things Journal**, [s. l.], v. 11, n. 14, p. 24604-24620, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2024.3394740>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10509737/>. Acesso em: 1 set. 2025.

DÖRR, J. B.; AYLON, L. B. R. Desenvolvimento de habilidades metacognitivas através de ambientes imersivos e gamificação no metaverso para a educação *onlife*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 35., 2024, Brasil. **Anais [...]**. Brasil: [S. n.], 2024a. p. 838.

DÖRR, J. B.; AYLON, L. B. R. Uma ecologia conectiva como recurso de aprendizado imersivo: ambiente engajador gamificado para desenvolvimento de habilidades socioemocionais e educativas. In: CONGRESSO DA REDE INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO ONLIFE, 5., Brasil: [S. n.], 2024b. **Anais [...]**. 2024b. v. 1. p. 1-18.

MADRIGAR, T. T.; CALVO, R.; RUIZ AYLON, L. B. Manna methodology: a novel approach to education 5.0 through learning and socio-emotional assessment in IoD Bootcamps. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED EDUCATION, 17., 2025, Porto. **Proceedings [...]**. Porto: [S. n.], 2025.

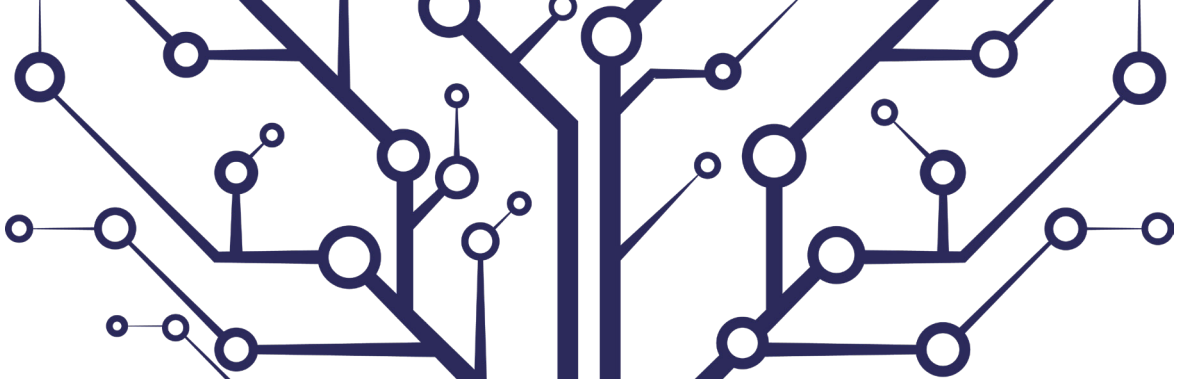
MANNA TEAM. Manna by profa. Dra. Linnyer Rutiez Aylon. Instagram, 2025a. Disponível em: [https://www.instagram.com/manna\\_team/](https://www.instagram.com/manna_team/). Acesso em: 13 ago. 2025.



MANNA TEAM. **Manna Team**: O maior ecossistema de tecnologias exponenciais e educação 5.0 do Brasil. 2025b. Disponível em: <https://manna.team/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ZUKERAM, E. S. J. *et al.* In situ IoT development and application for continuous water monitoring in a lentic ecosystem in South Brazil. **Water**, [s. l.], v. 15, p. 2310, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15132310>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/13/2310>. Acesso em: 1 set. 2025.





---

# NAPI Paraná Faz Ciência

Tamara Dias Domiciano<sup>1</sup>

Cibele de Biasi<sup>2</sup>

Rodrigo Arantes Reis<sup>3</sup>

Debora de Mello Gonçalves Sant'Ana<sup>4</sup>

---

1 UFPR - Curitiba; tamydomiciano@gmail.com

2 UFPR - Curitiba; cibelebiasi@hotmail.com

3 UFPR - Curitiba; reisra@gmail.com

4 UEM - Maringá; dmgsana@uem.br

## Resumo

Em um cenário global marcado pela transformação tecnológica e pela crescente circulação de desinformação, fortalecer a aproximação entre ciência e sociedade se tornou uma necessidade urgente. Nesse contexto, este capítulo apresenta a trajetória e os resultados das ações do NAPI Paraná Faz Ciência (PRFC), uma iniciativa interinstitucional voltada à promoção da cultura científica e à democratização do acesso ao conhecimento no estado do Paraná. O programa atua em rede, integrando instituições de ensino superior, escolas públicas, museus e centros de ciência, com ações que envolvem educação científica, formação docente, comunicação pública da ciência e ciência cidadã. Por meio de redes articuladas, o NAPI PRFC amplia o alcance da divulgação científica e estimula o engajamento público com a ciência. Assim, ele consolida-se como uma política pública inovadora, comprometida com a democratização da ciência e a promoção de uma cultura científica no Paraná.

**Palavras-chave:** divulgação científica; políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação; educação científica.

## Abstract

In a global context marked by technological transformation and the growing spread of misinformation, strengthening the connection between science and society has become an urgent necessity. In this scenario, this chapter presents the trajectory and outcomes of the actions developed by the NAPI Paraná Faz Ciência (PRFC), an interinstitutional initiative aimed at promoting scientific culture and democratizing access to knowledge in the state of Paraná, Brazil. The program operates as a network, integrating higher education institutions, public schools, museums, and science centers, with initiatives focused on science education, teacher training, public communication of science, and citizen science. Through its articulated networks, NAPI PRFC expands the reach of science communication and fosters public engagement with science. In doing so, it has established itself as an innovative public policy initiative, committed to democratizing science and promoting the culture of science throughout Paraná.

**Keywords:** science communication; public policies for science, technology and innovation; science education.



---

# 1 INTRODUÇÃO

O domínio de conhecimentos científicos passou a ser requisito em um contexto marcado por rápidas transformações científicas e tecnológicas, crises globais e circulação massiva de informações, muitas vezes imprecisas ou descontextualizadas. Somado a isso, a democratização coloca em debate o papel social dos cidadãos, demandando mais conscientização e responsabilidade nas tomadas de decisão. Diante disso, a divulgação científica assume papel estratégico na mediação entre ciência e sociedade (CNPq, 2021).

Algumas iniciativas vêm buscando desenvolver ações de divulgação científica no ambiente escolar, que tem sido caracterizado como espaço privilegiado para a democratização do conhecimento científico. Albagli (1996) destaca que, por mais que a divulgação científica seja geralmente associada a espaços não formais de educação, “é inevitável sua relação com a educação científica formal oferecida pelas escolas primárias e secundárias” (Albagli, 1996, p. 402). Com base nisso, diversos projetos têm sido implementados, aproximando ações de extensão em espaços de educação formal (Massarani; Moreira, 2002).

Historicamente, a divulgação científica tem servido a diferentes propósitos ao redor do globo, normalmente atrelados à cultura e aos interesses políticos e econômicos. No Brasil, os primeiros debates mais intensos sobre divulgação científica se iniciaram nos anos 1980, no entanto, de acordo com Massarani e Moreira (2002), há pelo menos dois séculos de história sobre os caminhos da divulgação científica no país, marcados em diferentes fases, todavia, “nos últimos anos, embora tenha havido um interesse crescente no meio acadêmico relativo às atividades de extensão ligadas à divulgação científica, o quadro geral ainda é frágil” (Massarani; Moreira, 2002, p. 64).

No Paraná, o NAPI Paraná Faz Ciência (PRFC) têm buscado superar o modelo de déficit de divulgação científica, envolvendo atores das



12 instituições de ensino superior (IES) do estado em uma proposta integrada em rede. Construído como uma proposta única e integrada, o programa visa contribuir para a consolidação de uma política pública de divulgação científica comprometida com o engajamento público e a democratização do conhecimento no Paraná.

Ao longo deste capítulo, resgatamos a trajetória dessa rede, que, desde 2019 tem buscado implementar e consolidar ações para o fortalecimento de uma cultura científica entre a população paranaense.

---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL



Reforçar o quanto os saberes científicos e tecnológicos são necessários na atualidade se tornou trivial. Na era da informação na palma da mão somada à crescente cultura do *scroll* (rolagem de *reels* em redes sociais), a disseminação do conhecimento científico válido tem cada vez mais se transformado em uma importante ferramenta contra a desinformação.

Nesse cenário, a divulgação científica assume um papel social, superando a tradicional transmissão de conhecimentos, defendendo uma abordagem ampliada, que integra as ciências humanas e sociais, e promovendo a interação entre cultura, ciência e arte. Entre os objetivos da divulgação científica, encontramos a proposição da modernização do ensino de ciências, valorizando a resolução de problemas e interdisciplinaridade, além de buscar estimular a participação social em processos democráticos relacionados à ciência e tecnologia, possibilitando a alfabetização científica e tecnológica da população, formando uma cultura científica (Albagli, 1996; Moreira, 2006; Massarani; Dias, 2018).

A compreensão da divulgação científica como área de conhecimento tem se ampliado nas últimas décadas e abrange múltiplas práticas que envolvem processos educativos, culturais e de comunicação pública. O campo

inclui ações como feiras de ciência, clubes de ciências, olimpíadas científicas, eventos e produções midiáticas voltadas ao público não especializado, equipamentos como museus e centros de ciência, itinerância científica, entre outros (Massarani; Dias, 2018).

Nas últimas décadas, acompanhamos um cenário de ampliação das ações de divulgação científica no Brasil, com a criação de espaços como museus e centros de ciência, eventos de grande porte, associações como a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e a Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC), além da crescente atenção à itinerância científica. Em contrapartida, ainda há baixo alcance das atividades e baixa procura por espaços científicos, dificultando a consolidação de uma política pública nacional (Moreira, 2006).

Baseado nesse contexto, Moreira (2006) destaca a importância da formulação de programas e políticas públicas governamentais que fortaleçam a divulgação científica como uma atividade articulada e permanente, construída na forma de rede, com atores envolvidos na produção e popularização da ciência.

A consolidação de políticas públicas em âmbito nacional voltadas à divulgação científica ganhou um novo marco, com a publicação dos Decretos n.º 11.754, que institui a Política Nacional de Popularização da Ciência, Tecnologia e Inovação (POP Ciência), e o n.º 12.049, de 11 de junho de 2024, que institui o Programa Mais Ciência na Escola, relacionado à educação científica (Brasil, 2023, 2024). Em nível estadual, a Política Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação do Paraná, publicada em 2024, traz no seu eixo 5 (fomento à difusão de ciência, tecnologia e inovação) o papel estratégico da popularização da ciência para o desenvolvimento e a inclusão social no estado (Paraná, 2024).

Na 5ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, esse debate foi reforçado, com a presença, pela primeira vez, de um eixo temático dedicado à popularização da ciência. As diretrizes presentes no *Livro lilás*, produto do evento, reforçam a necessidade de ampliação do acesso da população aos conhecimentos científicos e tecnológicos, apontando a divulgação científica como ferramenta estratégica para essa finalidade (Brasil, 2024b).



Derivado de todo esse cenário, de demandas por ampliação de ações de divulgação científica e de implementação de políticas estaduais e nacionais de ciência, tecnologia e inovação, emerge o NAPI PRFC. O programa, que iniciou sua trajetória no ano de 2019, busca instaurar uma rede estadual, interdisciplinar e interinstitucional de ações e projetos de divulgação e popularização científica e tecnológica, fortalecendo a interação entre escolas de educação básica, IES e museus e centros de ciências.

---

### 3 DESENVOLVIMENTO

A trajetória do NAPI PRFC teve início no ano de 2019, com a articulação do Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola (Picce), para o edital interinstitucional Ciência na Escola, lançado em parceria entre o Ministério da Educação (MEC) e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Articulado pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná, o projeto foi aprovado, mas não ocorreu a destinação de recursos pelo governo federal para nenhuma das propostas daquele edital, o que inviabilizou sua implementação imediata.

Foi apenas no ano de 2022 que as atividades propostas foram efetivamente colocadas em prática, em virtude do financiamento estadual da Fundação Araucária e da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (Seti/PR), por meio da criação do NAPI Educação para a Ciência. Naquele ano, um grupo de 45 pesquisadores de sete IES (Universidade Federal do Paraná – UFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná – IFPR, Universidade Federal da Integração Latino-Americana – Unila, Universidade Estadual de Londrina – UEL, Universidade Estadual de Maringá – UEM – e Universidade Estadual do Centro-Oeste – Unicentro), em conjunto com a Secretaria Estadual de



Educação do Paraná (Seed/PR), desenvolveu protocolos, materiais de apoio e cursos de formação em ciência cidadã.

Paralelamente à criação do Picce, foi criada a Rede Paranaense de Popularização da Ciência (Repopar), que teve seu início em 2020 e o lançamento das primeiras ações em 2021, com financiamento da Seti e Fundação Araucária. Em 2021 e 2022, a rede organizou o evento em comemoração à Semana Estadual de Ciência e Tecnologia, denominado Paraná Faz Ciência, em versão digital, diante do contexto pandêmico. Em 2021, também foi lançado o portal multimidiático de divulgação científica chamado Conexão Ciência, desenvolvido pela UEM no primeiro ano e posteriormente com a participação de todas as universidades estaduais do estado.

A junção dessas iniciativas e a inclusão de todas as IES públicas do Paraná tornaram possível estruturar uma nova e ampliada proposta, agora com a alcunha de NAPI PRFC, que conta com o apoio da Fundação Araucária e do MCTI, por meio do decreto POP Ciência. O NAPI PRFC estrutura-se como uma rede multicentrada, interdisciplinar e colaborativa, com os objetivos de fortalecer a cultura científica no estado, promover a alfabetização científica e tecnológica e fomentar o engajamento público com a ciência.



### 3.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O NAPI PRFC é uma iniciativa interinstitucional que fortalece a cultura científica e amplia o acesso à ciência, tecnologia e inovação no Paraná, em diálogo com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Suas ações contribuem diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 (fome zero e agricultura sustentável), 3 (saúde e bem-estar), 4 (educação de qualidade), 5 (igualdade de gênero), 12 (consumo e produção responsáveis), 13 (ação contra a mudança global do clima), 14 (vida na água), 15 (vida terrestre) e 17 (parcerias e

meios de implementação), por meio de atividades como a ciência cidadã, a educação científica e a articulação em rede.

---

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

O PRFC vem se consolidando como uma política pública de referência voltada à popularização da ciência e à democratização do conhecimento científico com atuação em rede. Na sequência, são apresentadas as redes que constituem o NAPI PRFC.



316

---

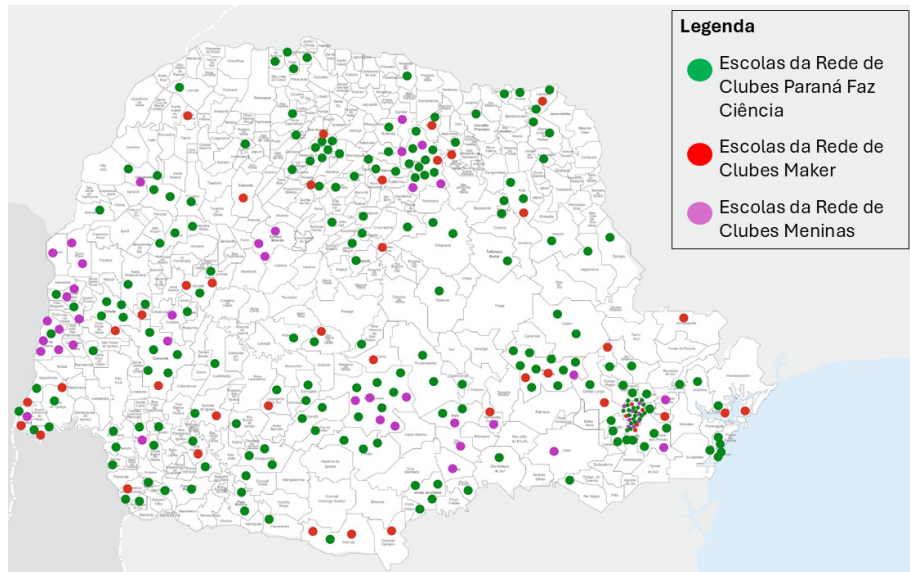
### 4.1 REDE DE CLUBES PARANÁ FAZ CIÊNCIA

A Rede de Clubes PRFC, composta de 200 escolas, articula essas iniciativas em escala estadual, promovendo a conexão entre estudantes, professores, escolas e centros de pesquisa. É desenvolvida em uma parceria do NAPI com a Secretaria Estadual de Educação. Os clubes, vinculados a escolas públicas, visam fomentar o protagonismo dos estudantes na produção do conhecimento. Além disso, entre os objetivos da Rede de Clubes PRFC, podemos destacar a promoção da alfabetização científica e tecnológica, por meio de ambientes formativos que valorizam a curiosidade, a experimentação e o pensamento crítico.

A articulação da Rede de Clubes PRFC potencializou a participação em editais nacionais, como o Mais Ciência na Escola (MCTI/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) e o Meninas e Mulheres na Ciência (MCTI/CNPq). Os projetos contemplados implementaram a Rede de Clubes Maker (45 clubes) e a Rede de Clubes

Meninas (42), totalizando 287 clubes de ciências vinculados à Rede de Clubes PRFC (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição geográfica dos clubes de ciências



Fonte: Elaborado por Pacheco.

A rede conta com a atuação de 200 professores coordenadores, apoiados por uma equipe multidisciplinar composta de 40 bolsistas de apoio pedagógico, 49 estudantes de iniciação científica e de extensão e 22 profissionais das áreas administrativa e de comunicação. O acompanhamento dos projetos e clubes é realizado por dez pesquisadores de pós-doutorado e 24 docentes de IES. No total, são 145 atores envolvidos na Rede de Clubes PRFC, que fortalecem os vínculos entre a educação básica e o ensino superior.



---

## 4.2 REDE DE MUSEUS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

A Rede de Museus de Ciência e Tecnologia, que integra o NAPI PRFC, baseia-se no entendimento de que o museu é uma instituição comprometida com a educação, pesquisa, comunicação e promoção da cultura científica. Além disso, ele materializa-se como um equipamento cultural permanente, parte da infraestrutura pública da ciência e da comunidade em que está inserido. Reconhecendo a relevância desse campo de investigação, o NAPI PRFC incluiu em sua agenda a realização de uma pesquisa específica sobre a percepção de público nos museus que integram a sua Rede de Museus de Ciência e Tecnologia.

A Rede de Museus do NAPI PRFC articula importantes instituições de divulgação científica do estado, fortalecendo o papel dos museus como espaços de mediação entre ciência e sociedade. Iniciou seu trabalho com quatro museus de ciência e encontra-se em fase de ampliação, com a expectativa de chegar a 15 espaços até o fim de 2025.

O guia de espaços de divulgação científica mapeou 133 locais em todo o estado, com informações sobre visitação, projetos e acessibilidade para cada um deles (Pacheco *et al.*, 2024). Esses dados também foram disponibilizados de maneira georreferenciada no site do Paraná faz Ciência, na aba Turismo Científico (Pacheco *et al.*, 2024).

---

## 4.3 REDE DE FEIRAS DE CIÊNCIAS

Feiras de ciências são eventos científicos culturais que oportunizam um espaço privilegiado para aproximar estudantes da ciência, estimulando a investigação, curiosidade e resolução de problemas de forma ativa, por meio do desenvolvimento de projetos (Brasil, 2006). Com base nesse entendimento, outra frente de ação do NAPI PRFC foi a articulação da Rede de Feiras de Ciências, promovendo a atuação colaborativa entre



ações que já aconteciam no estado e o mapeamento de lacunas regionais para a implementação de novas feiras.

Atualmente, a Rede de Feiras de Ciências do NAPI é composta de quatro feiras: Feira de Ciências do Litoral Paranaense, Feira de Ciências e Tecnologia de Palotina (Fecitec), Feira de Ciências, Inovação das Ciências e Engenharias (Ficiências) e Feira da Cultura Científica PRFC (Fecci). A Rede de Feiras de Ciências do NAPI PRFC fortalece a capilaridade das ações do programa e constitui espaços de formação e protagonismo estudantil, articulando escola, universidade e comunidade.

---

#### 4.4 REDE DE CIÊNCIA MÓVEL

A itinerância científica tem se consolidado como uma estratégia de divulgação científica e promoção da cultura científica em contextos diversos, sobretudo em regiões com acesso limitado a museus e centros de ciência fixos. No âmbito do NAPI PRFC, diversas iniciativas integram a Rede de Ciência Móvel, atuando em diferentes territórios do estado. Entre elas, destacam-se o ZikaBus — LabMóvel (UFPR), projeto que aborda temas emergentes como arboviroses e prevenção de doenças; e o Museu Dinâmico Interdisciplinar (Mudi) itinerante, vinculado à UEM, que leva parte do acervo do museu a escolas e comunidades. Mais recentemente, o PRFC envolveu-se com as ações itinerantes da Carreta da Inovação, organizada pela Secretaria de Inovação e Inteligência Artificial, juntamente com a Seti e a Fundação Araucária.



---

## 4.5 EVENTOS

O NAPI PRFC participa ativamente de diversos eventos, entre eles a Semana dos NAPIs (Fundação Araucária), o Paraná faz Ciência (Seti), a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (em suas edições locais e nacional, em Brasília-DF), as reuniões anuais da SBPC, feiras agropecuárias, eventos institucionais e encontros acadêmicos, como o promovido pela ABCMC, fortalecendo o diálogo com diversos públicos, tecendo redes colaborativas e ampliando o alcance das atividades desenvolvidas pelo NAPI.

---

## 4.6 ENGAJAMENTO PÚBLICO PARA A CIÊNCIA: CIÊNCIA CIDADÃ

Entre as redes que integram o NAPI PRFC, destaca-se aquela dedicada ao engajamento público para a ciência por meio da ciência cidadã, estruturada com base no Picce. Idealizado como uma proposta inovadora e integrada, o Picce fundamenta-se nos princípios da ciência aberta e da ciência cidadã, mas tem uma característica distinta: seu foco prioritário está na educação básica, envolvendo diretamente estudantes, professoras e professores como sujeitos ativos na produção científica.

A rede estrutura-se em três grandes metas operacionais: produção e validação de protocolos de ciência cidadã adaptados ao contexto escolar; formação docente continuada articulada aos temas contemporâneos da educação científica; estratégias de comunicação, avaliação e desenvolvimento de um aplicativo.

Entre os anos de 2022 e 2024, foram produzidos 22 protocolos em áreas diversas, como saúde, biodiversidade, energia, solos, água e artes. Além disso, o Picce contou com a participação de 45 pesquisadores, 116 bolsistas e 26 voluntários, que atuaram na elaboração, testagem e validação de protocolos



de ciência cidadã, bem como na oferta de ações de formação continuada para professores da rede pública.

---

## 4.7 COMUNICAÇÃO PÚBLICA DA CIÊNCIA

A comunicação pública da ciência, outro eixo estruturante do PRFC, tem atuação voltada à disseminação ampla do conhecimento científico. Por meio de ações coordenadas, como a produção de conteúdo multimídia e o fortalecimento de canais de divulgação científica, essa frente visa não apenas informar, mas engajar diferentes públicos, promovendo a compreensão da ciência como processo social e cultural. Nesse contexto, destaca-se o Projeto Conexão Ciência, coordenado pela UEM em parceria com o Mudi, que opera como plataforma multimídia de divulgação científica e tem contribuído de forma significativa para o fortalecimento da presença da ciência nos meios de comunicação. Ao ampliar o acesso à informação confiável e estimular o pensamento crítico, essa atuação também cumpre papel essencial no combate à desinformação e às *fake news*, fortalecendo a ciência como referência segura e socialmente relevante no debate público.



---

## 4.8 INDICADORES DE AVALIAÇÃO

Como forma de acompanhar e qualificar as ações desenvolvidas pelo NAPI, foram elaborados indicadores de avaliação para mensurar sua eficiência, eficácia e efetividade. Esses indicadores servem para analisar os resultados alcançados nas diferentes frentes de ação do programa. Ao todo, já foram mapeados 60 indicadores, organizados por eixos temáticos diretamente relacionados às redes internas do NAPI.

Entre os indicadores já passíveis de mensuração, destaca-se a forte articulação entre as ações de ensino e extensão com a pesquisa, conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Produção acadêmica vinculada ao NAPI Paraná faz Ciência

PRODUÇÃO	QUANTIDADE
Livro	3 publicados, 5 em andamento
Livreto (guia de campo)	16 publicados, 11 em andamento
Tese	4 publicadas, 5 em andamento
Dissertação	2 publicadas, 13 em andamento
Trabalho de conclusão de curso	4 publicados
Artigo de periódico	6 publicados
Trabalho em anais de eventos	42 publicados

Fonte: Autoria própria.

É importante citar que, entre os indicadores mapeados, uma pesquisa estadual de percepção pública da ciência está em curso. Assim como as pesquisas nacionais, o estudo no Paraná busca avaliar o interesse, o grau de informação, as atitudes, as visões e o conhecimento dos brasileiros sobre ciência e tecnologia. Para a consecução de tal objetivo, foram realizadas 2.640 entrevistas no estado do Paraná, estratificadas proporcionalmente segundo as populações das dez mesorregiões administrativas do estado. Os dados levantados sobre o conhecimento, as atitudes e as visões da sociedade local em relação à ciência e tecnologia fornecerão subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de popularização científica e inovação, alinhadas às necessidades e expectativas da população.

Por fim, outros indicadores de destaque são o número de integrantes da rede e o alcance de público e produções, de acordo com a Figura 2.



Figura 2 – Números da Rede NAPI Paraná Faz Ciência



Fonte: Autoria própria.

Legenda: IES – instituições de ensino superior.



## 5 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

A experiência do NAPI PRFC evidencia o potencial de transformação de iniciativas estruturadas como políticas públicas voltadas ao fortalecimento da divulgação científica. A consolidação de uma rede articulada entre IES, escolas, museus, clubes de ciência, feiras e demais atores sociais demonstra que a popularização da ciência pode ser estratégica para

o desenvolvimento sustentável, a formação cidadã e a promoção da equidade no acesso ao conhecimento.

Alinhado à lógica da quádrupla hélice – que articula governo, academia, sociedade civil e setor produtivo na promoção da inovação – o programa integra diversos saberes e atores, ampliando seu impacto territorial e social. Ademais, ao impulsionar a divulgação científica, o PRFC está em consonância com os ODS da Agenda 2030 da ONU, uma vez que a popularização da ciência, a promoção da educação e da cultura científicas e o estímulo à inovação dialogam fortemente com essas diretrizes globais, o que reafirma o papel da ciência, tecnologia e inovação como um pilar estratégico para o desenvolvimento de uma sociedade cada vez mais sustentável.

Vale ressaltar também que esse modelo, ainda inédito no Brasil, vem sendo demandado como estudo de caso por outras regiões, dada sua abordagem sistêmica e colaborativa. Nesse sentido, torna-se imprescindível assegurar a continuidade e ampliação do financiamento público para iniciativas como o PRFC, com vistas à consolidação de uma política pública de Estado, e não apenas de governo, garantindo sua sustentabilidade a longo prazo, à semelhança de experiências como o Programa Ciência Viva, de Portugal.

Como perspectivas futuras, destacam-se a institucionalização da iniciativa, o fortalecimento das parcerias interinstitucionais, o impacto crescente na formação dos cidadãos e a construção de sistemas de indicadores e pesquisas que possibilitem avaliar seus efeitos de maneira consistente. O NAPI PRFC, portanto, oferece uma base concreta para o desenvolvimento de políticas públicas inovadoras e transformadoras, capazes de articular, mediante a divulgação científica, a sociedade, a educação e a ciência em favor de um futuro mais informado e democrático.



---

## REFERÊNCIAS

ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996. DOI: <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v25i3.639>. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/639>. Acesso em: 1 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Nacional de Apoio às Feiras de Ciências da Educação Básica**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2006.

BRASIL. **Decreto n.º 11.754, de 1.º de janeiro de 2023**. Institui a Política Nacional de Popularização da Ciência, Tecnologia e Inovação — POP Ciência. Brasília, DF: Presidência da República, 2023. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2023/decreto/d11754.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11754.htm). Acesso em: 8 jul. 2025.

BRASIL. **Decreto n.º 12.049, de 11 de junho de 2024**. Institui o Programa Mais Ciência na Escola para Expansão de Tecnologias Digitais e Experimentação Científica da Educação Básica – Mais Ciência na Escola. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/decreto/d12049.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d12049.htm). Acesso em: 8 jul.2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Livro lilás: relatório geral da Quinta Conferência de Ciência, Tecnologia e Inovação: para um Brasil justo e desenvolvido**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024b.

CNPQ. **Por que popularizar?** Brasília, DF: CNPq, 2021.

MASSARANI, L.; DIAS, E. M. S. (org.). **José Reis: reflexões sobre a divulgação científica**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2018.

MASSARANI, L.; MOREIRA, I. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. In: MASSARANI, L. *et al.* (org.). **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ; Fórum de Ciência e Cultura, 2002. p. 43-65.

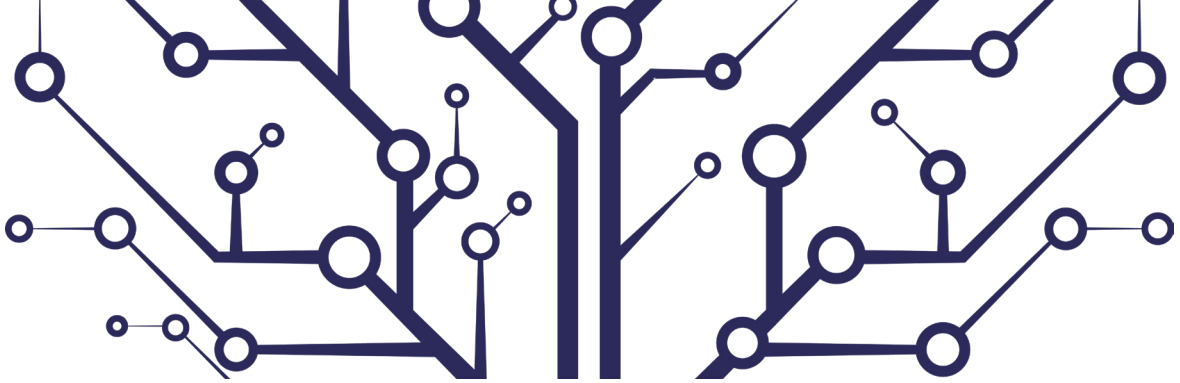


MOREIRA, I. C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. **Inclusão Social**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 11-16, abr./set. 2006.

PACHECO, J. R. *et al.* **Espaços de divulgação científica do estado do Paraná**. Curitiba: Paraná Faz Ciência, 2024.

PARANÁ. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. **Política Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação do Paraná: PECTI-PR 2024–2030**. Curitiba: Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná; Sistema Eletrônico de Informações do Paraná, 2024.





---

# NAPI Segurança Pública e Ciências Forenses

Andressa Galli<sup>1</sup>  
Anelize Bahniuk Rumbelsperger<sup>2</sup>  
Carlos Ricardo Maneck Malfatti<sup>3</sup>  
Caroline da Ros Montes D'Oca<sup>4</sup>  
Emílio Merino de Paz Júnior<sup>5</sup>  
João Irineu de Resende Miranda<sup>6</sup>  
Juan Vítor Pinheiro da Silva<sup>7</sup>  
Luiz Rodrigo Grochocki<sup>8</sup>  
Marcio Fernandes<sup>9</sup>  
Wilma Maria Vieira<sup>10</sup>

327

---

- 
- 1 UNICENTRO - Guarapuava; [agalli@unicentro.br](mailto:agalli@unicentro.br)
  - 2 UFPR - Curitiba; [anelize.bahniuk@ufpr.br](mailto:anelize.bahniuk@ufpr.br)
  - 3 UNICENTRO - Guarapuava; [crmalfatti@unicentro.br](mailto:crmalfatti@unicentro.br)
  - 4 UFPR - Curitiba; [carolinedoca@ufpr.br](mailto:carolinedoca@ufpr.br)
  - 5 PUC-PR - Curitiba; [emilio.junior@policiacientifica.pr.gov.br](mailto:emilio.junior@policiacientifica.pr.gov.br)
  - 6 UEPG - Ponta Grossa; [joaoirineu@uepg.br](mailto:joaoirineu@uepg.br)
  - 7 UNICENTRO - Guarapuava; [jvp1703@gmail.com](mailto:jvp1703@gmail.com)
  - 8 PUC-PR - Curitiba; [luiz.grochocki@policiacientifica.pr.gov.br](mailto:luiz.grochocki@policiacientifica.pr.gov.br)
  - 9 UNICENTRO - Guarapuava; [marciofernandes@unicentro.br](mailto:marciofernandes@unicentro.br)
  - 10 UNICENTRO - Guarapuava; [wilmavieiraunicentro@gmail.com](mailto:wilmavieiraunicentro@gmail.com)

## Resumo

O NAPI Segurança Pública e Ciências Forenses (NAPI SP e CF) tem a fase 1 prevista para o período de 2024-2027. Seu objetivo é funcionar como um grupo de apoio altamente especializado e multidisciplinar, alinhado ao Plano de Governo 2022 do Estado do Paraná. O foco é desenvolver ciência, tecnologia e inovação para combater a criminalidade em suas diversas faces, por meio da integração de atividades de ensino, pesquisa, extensão e inovação tecnológica nas ciências forenses. Dessa forma, contribui para a proteção à vida, à saúde e à segurança do cidadão, em consonância com o Sistema Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação, notadamente quanto aos esforços em favor de um ambiente de inovação nacional e internacionalmente reconhecido como um dos melhores para a criação de riqueza e bem-estar na América Latina e de constituição de um Sistema Estadual de Inovação pelo reconhecimento, protagonismo e integração de atores e ativos, valorizando as identidades regionais e gerando conhecimentos para benefício da sociedade. No momento em que conclui seu primeiro ano de existência (2025), os objetivos (geral e específicos) estão sendo cumpridos, muito em decorrência do elevado nível de comprometimento da equipe e de seus parceiros – dezenas deles espalhados pelo Brasil e pelo exterior, o que possibilita a assunção da quádrupla hélice –, buscando honrar especialmente a confiança depositada pelo agente financiador (Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná) e zelar pela aplicação eficiente dos recursos públicos disponibilizados.

**Palavras-chave:** segurança pública; ciências forenses; atuação multidisciplinar.

## Abstract

The current NAPI Public Security e Forensic Sciences (NAPI SP e CF) has phase 1 scheduled for the period 2024–2027. It is intended to act as a highly specialized and multidisciplinary support group, in addition to having synergy with the 2022 Government Plan of the State of Paraná (Brazil) for the development of science, technology and innovation in the effective fight against crime in its various faces, integrating teaching, research, extension and technological innovation activities in specialized areas of forensic sciences. In this way, it contributes to the protection of life, health and safety of the citizen, in line with the Paraná State System of Science, Technology and Innovation, notably regarding efforts in favor of an innovation environment nationally and internationally recognized as one of the best for the creation of wealth and well-being in Latin America and the constitution of a State Innovation System, through the recognition, protagonism, and integration of actors and assets, valuing regional identities', generating knowledge



for the benefit of society. As it completes its first year of existence (2025), the (general and specific) objectives have been met, largely due to the high level of commitment of the team and its partners (dozens of them, spread throughout Brazil and abroad, enabling the assumption of the quadruple helix), seeking to especially honor the trust placed by the funding agent (Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná) and ensure the efficient application of the public resources made available.

**Keywords:** public security; forensic sciences; multidisciplinary performance.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação, Segurança Pública e Ciências Forenses (NAPI SP e CF) constituem um amplo projeto de natureza investigatória-extensionista multidisciplinar, em busca da sedimentação de uma rede paranaense de segurança pública, com ênfase em ciências forenses, mediante a visão estratégica de um NAPI do Paraná – um importante ativo paranaense para o desenvolvimento social, econômico, ambiental, educacional e científico de modo integrado. A premissa central é que as ciências forenses, como parte capital da política de segurança pública no estado, estão tão presentes no cotidiano do tecido social que se faz mister desmistificar suas características, ou seja, desconstruir estereótipos, uma vez que estão bastante atreladas a palavras como morte, homicídios e apuração criminal.

Conforme as palavras de Edgar Morin (2005 *apud* Fachone; Velho, 2007, p. 141), em ciência forense: interseção justiça, ciência e tecnologia, “não podemos mais considerar um sistema complexo à luz do reducionismo, que quer compreender o todo partindo da qualidade das partes (apenas); sequer à luz do holismo, que não é menos simplificador e que descuida das partes para compreender o todo”.

As ciências forenses são um sistema complexo que navega por campos da rotina humana, como consumo de fármacos e cosméticos até a verificação de falsificações ou adulterações em segmentos como segurança



veicular, suplementos alimentares, bebidas, ferramentas de alta precisão e brinquedos, entre outros tantos passíveis de citação. Haja vista esse cenário macro, o presente projeto dedica-se a apresentar ações que vêm sendo desenvolvidas desde 2020 no âmbito do estado brasileiro do Paraná, envolvendo várias universidades públicas que, de acordo com as suas peculiaridades, têm se dedicado à disseminação das ciências forenses.

De modo complementar, pondera-se que a criação do NAPI SP e CF, em novembro de 2024, tem contribuído para a sedimentação de macrodiretrizes do Governo do Estado do Paraná no tocante ao Sistema Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação e ao Plano de Governo 2022, notadamente os que mencionam os esforços em favor de um ambiente de inovação nacional e internacionalmente reconhecido como um dos melhores para a criação de riqueza e bem-estar na América Latina e de constituição de um Sistema Estadual de Inovação, pelo reconhecimento, pelo protagonismo e pela integração de atores e ativos, valorizando as identidades regionais.

Adicionalmente, o NAPI SP e CF tem se vinculado com outros pontos presentes no supramencionado plano de governo:

- a) promover a integração e análise de dados, mediante ações direcionadas ao combate à corrupção e à lavagem de dinheiro;
- b) contribuir com as políticas públicas de busca e processamento de dados de desaparecidos, reduzindo o tempo de localização dessas pessoas;
- c) colaborar para a consolidação de laboratórios de combate à lavagem de dinheiro, por meio da promoção da capacitação de pessoas, difusão de conhecimentos e regionalização das capacidades responsivas na investigação de delitos financeiros.

Logo, o NAPI SP e CF é uma iniciativa inovadora que reforça a vanguarda do Paraná no que se refere à intersecção entre ciência aplicada e a resolução de questões inerentes à esfera forense para promoção de segurança pública. Para tanto, são premissas a formação de recursos humanos altamente qualificados, a inserção de ferramentas modernas e de alta tecnologia na investigação forense e a difusão de conhecimento em segurança pública e ciências forenses, posicionando o Paraná como uma



das referências nacionais em tecnologia e inovação na área da segurança pública. Intenciona-se o combate a adulterações e falsificações para a proteção do consumidor e do setor produtivo, promovendo a integração de aspectos social, econômico, cultural, ambiental e regulatório, e o atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), intimamente relacionados com a segurança pública, as ciências forenses e os direitos humanos.

O arranjo de pesquisa e inovação em segurança pública e ciências forenses é resultado da atuação em parceria entre a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (Unicentro), a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e a Polícia Científica do Paraná, bem como de órgãos de defesa do consumidor, no combate à criminalidade, ao contrabando e à evasão de divisas. A criação do NAPI SP e CF representa um passo importante para a ciência forense brasileira, reunindo pesquisadores altamente qualificados e infraestrutura laboratorial e tecnológica em diversas áreas tecnológicas, tendo como missão máxima a formação de recursos humanos de excelência para contribuir com as demandas da sociedade. A articulação e constituição do potencial dessas áreas como um novo arranjo de pesquisa e inovação favorecem o desenvolvimento de soluções inovadoras na investigação forense, potencializadas por esse ambiente multidisciplinar, atuando de forma integrada.

O NAPI é composto de uma rede multilaboratorial integrada, formada por pesquisadores de distintas áreas das ciências, com experiência prévia e expertise na atuação forense, contando com laboratórios de referência nacional em áreas como ciências da computação, engenharia ambiental, física, farmácia, geologia, geofísica, química, comunicação e jornalismo. A atuação integrada e multidisciplinar da equipe em prol da segurança pública é um modelo pioneiro no país, ampliando a capacidade de resposta de maneira ímpar. Dessa forma, o presente projeto tem como principal justificativa consolidar essa rede de pesquisadores, contribuindo para tornar o estado do Paraná referência em segurança pública e ciência forense.



---

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL E DESENVOLVIMENTO

A proposta de criação do NAPI SP e CF tem como objetivo geral contribuir com as instituições de segurança pública nas mais variadas frentes e em concordância com o Plano de Governo 2022 do Estado do Paraná para o desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação no combate efetivo à criminalidade em suas diversas faces, integrando atividades de ensino, pesquisa, extensão e inovação tecnológica em áreas especializadas das ciências forenses. Dessa forma, contribui para a proteção da vida, saúde e segurança do cidadão, em consonância com o Sistema Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação, notadamente quanto aos esforços em favor de um ambiente de inovação nacional e internacionalmente reconhecido como um dos melhores para a criação de riqueza e bem-estar na América Latina e de constituição de um Sistema Estadual de Inovação, pelo reconhecimento, protagonismo e integração de atores e ativos, valorizando as identidades regionais e gerando conhecimentos para benefício da sociedade.

Nesse contexto, podemos elencar ainda os objetivos específicos:

- a) elaborar, coordenar e acompanhar projetos interdisciplinares na área de ciências forenses, como o Museu Brasileiro de Adulterações e Falsificações, previsto para ser inaugurado no primeiro semestre de 2026 na cidade de Curitiba;
- b) promover a integração entre cursos de graduação, programas de pós-graduação e grupos de pesquisa das instituições partícipes nas diferentes áreas do conhecimento, em colaboração com outras universidades e instituições científicas do país e do exterior – o que vem ocorrendo com força desde a criação do NAPI, em face de ações sinérgicas com instituições como Coppin State University (Estados Unidos), University of



Baltimore (Estados Unidos), Universidad Nacional de Salta (Argentina), ETH Zurich (Suíça), LMU Munich (Alemanha), Universidad Antónío Nariño (Colômbia), Université de Lyon 1 (França), University of Novi Sad (Sérvia), entre outras;

- c) promover a capacitação técnica de pessoal, contribuindo para a geração de conhecimento científico e formação de recursos humanos altamente qualificados e alinhados com instituições de referência na esfera forense em nível mundial, com inserção de ferramentas modernas e de alta tecnologia na investigação forense e difusão de conhecimento em segurança pública e ciências forenses, posicionando o Paraná como uma das referências nacionais em tecnologia e inovação na área da segurança pública – cumpre destaca-se que, desde 2024, peritos da Polícia Científica do estado do Paraná estão sendo capacitados em nível de mestrado ou doutorado no Programa de Pós-Graduação em Química da Unicentro;
- d) colaborar com a consolidação de laboratórios de combate à lavagem de dinheiro, mediante a promoção da capacitação de pessoas, difusão de conhecimentos e regionalização das capacidades responsivas na investigação de delitos financeiros;
- e) contribuir para o rastreamento de origem de vestígios e amostras criminais, por meio da atuação do Centro de Ciências Forenses da UFPR, mediante a inserção de ferramentas analíticas de ponta, permitindo gerar resultados científicos robustos, ampliando a segurança jurídica e minimizando o tempo de resposta da casuística nacional, especialmente no tocante à toxicologia forense, por demanda da Polícia Científica do Paraná e de outros parceiros públicos;
- f) contribuir com a identificação de novas substâncias psicoativas, adulterações e falsificações de produtos oriundos das regiões de fronteira e/ou portuárias, a serviço de órgãos como Receita Federal, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Polícia Federal etc.;
- g) atuar na disseminação e popularização das ciências forenses por intermédio de seminários, workshops e outros eventos pelo estado sobre potenciais soluções integradas desde os seguintes pontos de vista: social, econômico, cultural, ambiental e regulatório, em atendimento aos ODS.

Quanto aos aspectos metodológicos, a execução do projeto prevê a implementação de diferentes atividades, sob a responsabilidade de cada



proponente, que compõem o plano de aplicação global do NAPI. O acompanhamento dessas atividades tem sido realizado em reuniões gerenciais mensais, entre os coordenadores e os respectivos pesquisadores responsáveis. Além das reuniões mensais, estão previstos três workshops de integração ao longo do projeto, para apresentação de resultados alcançados anualmente – o primeiro deles projetado para novembro de 2025, durante a passagem do primeiro ano de funcionamento do novo arranjo. Como ação transversal no decorrer dos três anos em questão, estão previstas as práticas de disseminação educativo-midiática. Elas serão realizadas por meio da operação de uma unidade móvel de ciência forense – uma exposição itinerante capaz de atingir dezenas de cidades do Paraná e um público na faixa de milhares de pessoas – e de práticas de relacionamento comunicacional. Estas incluem *press tours*, produção e distribuição de *media kits*, organização de entrevistas coletivas em eventos técnicos do projeto, sistematização da memória audiovisual do projeto, entre outras ações.

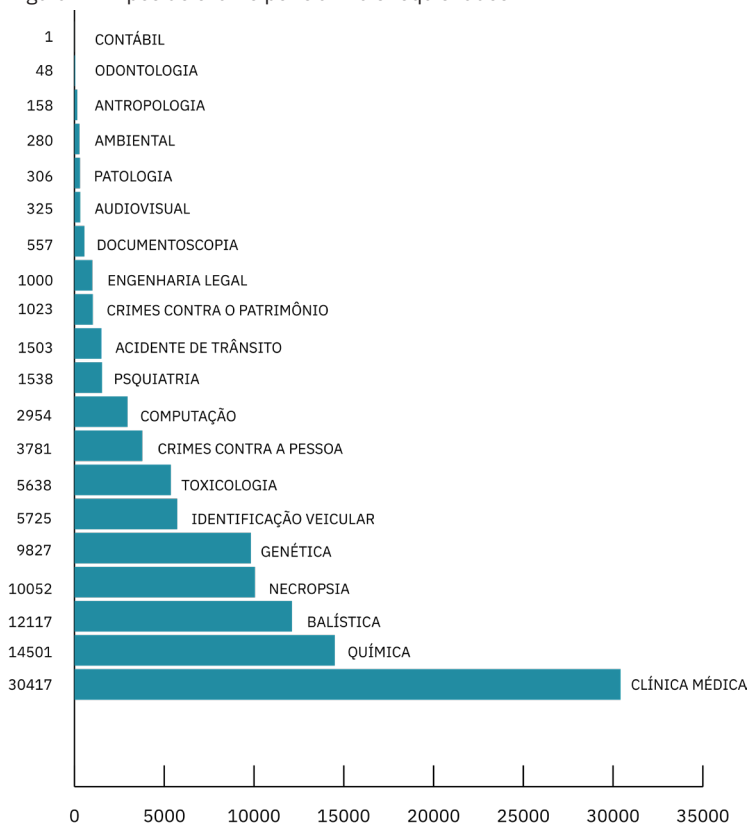
Para além do já descrito, nos aspectos que podemos considerar como indicadores, dados divulgados pela Invest Paraná (2025) apontam que o estado do Paraná possui o segundo maior terminal exportador de cargas e o maior terminal exportador de grãos do país, ocupando posição de destaque nos *rankings* de tecnologia e inovação no setor agropecuário, acompanhado de um crescimento de 10,3% no setor industrial. A localização privilegiada do estado inclui ainda comunicação terrestre internacional com Paraguai e Argentina, tornando o Paraná um importante modelo de regulação e fiscalização no que tange ao controle dessas fronteiras.

Para essa jornada de controle, as ciências forenses desempenham papel ativo, contribuindo para a mitigação de toda ordem de crimes. De seu turno, a Polícia Científica atende a todas as ocorrências periciais do estado, com 20 unidades de execução técnico-científicas distribuídas estrategicamente para o atendimento de todos os 399 municípios do Paraná, em tempo médio de atendimento de até 3,5 horas, igualmente no combate a todos os tipos de ilegalidade. A produtividade dos profissionais peritos é outro índice de orgulho para o Paraná; em 2023 foram concluídos 112.099 laudos técnicos, um recorde para a Polícia Científica paranaense. Entre os órgãos solicitantes, são atendidos tanto o Poder Executivo



estadual e federal quanto as justiças estaduais e federais e o Ministério Público. Segundo o relatório emitido pela Polícia Científica do Paraná (2023), os maiores demandantes de atendimento são a Polícia Civil, a Justiça Estadual e a Polícia Científica – que é composta de servidores com ampla gama de formações e tem na sua atividade-fim uma enormidade de solicitações de laudos em diversas dessas áreas, com graus distintos de complexidade –. A Figura 1 apresenta a demanda de solicitações à Polícia Científica por tipo de exame solicitado.

Figura 1 – Tipos de exame pericial mais requisitados



Ano referência - 2023

Fonte: Autoria própria.



O Planejamento Estratégico 2023–2026 da Polícia Científica do Paraná foi definido por meio da Portaria n.º 134/2022, com o objetivo de alinhar o pensamento estratégico ao contexto da nova realidade de gestão estratégica, levando-se em conta a nova estrutura institucional estabelecida pela Lei Orgânica da Polícia Científica.

Entre os diversos planos de ação (PLA) definidos pelo órgão, cabe destacar alguns:

- a) PLA 1, que se refere à modernização de infraestrutura de laboratório, ampliando o escopo de exames realizados pela instituição;
- b) PLA 4, que objetiva concluir o projeto do laboratório de DNA 2.0, com a específica realização de exames genéticos em vestígios;
- c) PLA 7, direcionado para a confecção de procedimentos operacionais padrão relacionados às pessoas não reclamadas, estabelecendo fluxos internos e capacitando servidores;
- d) PLA 8, que busca criar uma central de desaparecidos envolvendo a Secretaria de Estado da Saúde, a Secretaria de Estado da Justiça, a Secretaria de Estado da Segurança Pública e o Ministério Público, além de outros órgãos afins;
- e) PLA 12, voltado à formação e qualificação do quadro de servidores, com a interveniência da Academia de Ciências Forenses;
- f) PLA 22, voltado para a ampliação da participação de servidores em congressos nacionais e internacionais;
- g) PLA 24, que prevê a inserção de ferramentas de tecnologia da informação, especialmente o sistema de controle de vestígios;
- h) PLA 35, destinado ao fortalecimento do Programa Ciências Forenses na Escola, aumentando o número de escolas abrangidas pelo programa.

Nesse contexto, a proposição do NAPI SP e CF representa uma iniciativa inédita no Brasil, fomentando a aproximação das universidades à demanda dos órgãos de segurança e, portanto, de prevenção e repressão à criminalidade. O sucesso desse trabalho conjunto conta, portanto, com indicadores qualitativos e quantitativos para os três anos de vigência do projeto (novembro de 2024 a outubro de 2027):



- a) pesquisas de pós-doutorado, teses de doutorado e dissertações de mestrado geradas com base nas temáticas elencadas no NAPI;
- b) publicações científicas protagonizadas pela equipe do projeto em periódicos nacionais e do exterior e em livros próprios ou na autoria de capítulos;
- c) pesquisas em nível de iniciação científica com graduandos do projeto;
- d) eventos científicos de diversos portes organizados pelo NAPI SP e CF;
- e) parcerias firmadas tanto com o poder público quanto com a iniciativa privada;
- f) geração de patentes e outras modalidades de propriedade intelectual;
- g) qualificação de recursos humanos nos termos indicados neste capítulo;
- h) ciclos de qualificação da comunidade externa (workshops, palestras, exposições etc.);
- i) missões científicas no Brasil e no exterior para estabelecimento ou aprimoramento de parcerias institucionais (até a finalização deste texto, já haviam ocorrido intercâmbios na Colômbia, Argentina, Brasília, Estados Unidos, Sérvia e França);
- j) atividades, conforme demandas próprias ou de parceiros estratégicos (Polícia Militar do Paraná, Polícia Federal etc.), de rastreamento de origem de vestígios e amostras criminais e outras que possam ser de interesse estratégico do NAPI;
- k) presença midiática do projeto em canais do Brasil e do exterior, com as devidas métricas (clipagem) sendo contabilizadas;
- l) quantidade de novas metodologias analíticas implementadas na rotina dos laboratórios oficiais;
- m) número de procedimentos operacionais padrão confeccionados por ano, de servidores capacitados, de acordos de cooperação estabelecidos, de cursos ofertados e de publicações.



## 2.1 CONTRIBUIÇÕES PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

No Quadro 1 estão apenas alguns dos exemplos de como o NAPI SP e CF contribui para a consecução dos ODS, relacionando algumas metas do primeiro ano do NAPI.

Quadro 1 – Contribuições do NAPI Segurança Pública e Ciências Forenses para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ATIVIDADE	OBJETIVO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
Oferta de turmas específicas de doutorado na Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro) para peritos da Polícia Científica nas áreas de Farmácia e Química	4) Educação de Qualidade
Primeiro ciclo de oferta do workshop de avaliação da autenticidade de obras de arte e objetos de herança cultural	17) Parcerias em prol das Metas
Primeiro ciclo de exposições pelo estado do Paraná sobre a cadeia de falsificações e adulterações em distintos segmentos econômicos	12) Consumo e Produção Responsáveis
Implantação do Museu Brasileiro de Adulterações e Falsificações em Curitiba (PR)	4) Educação de Qualidade
Atividades de rastreamento de origem de vestígios e amostras criminais	16) Paz, Justiça e Instituições Fortes
Ações transversais de disseminação educativo-midiática das ciências forenses	17) Parcerias em prol das Metas

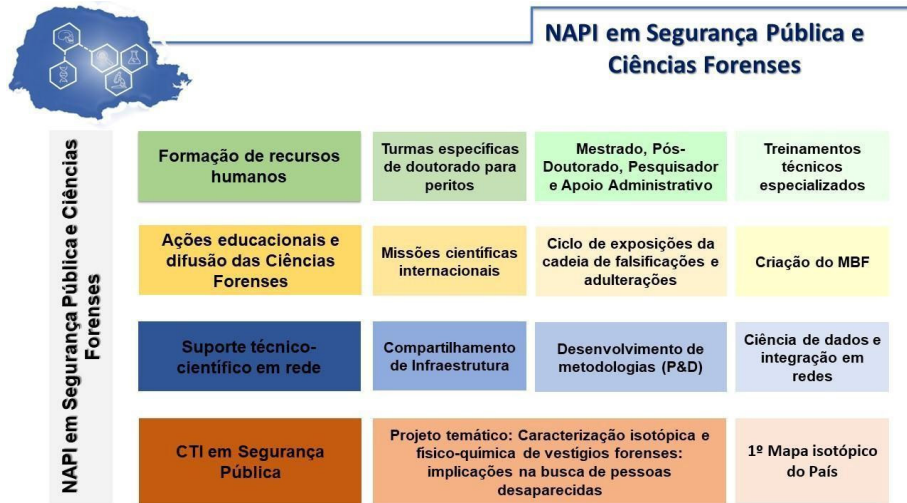
Fonte: Autoria própria.



### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS E IMPACTOS

Destacamos que a criação do NAPI é baseada em quatro grandes eixos norteadores: formação de recursos humanos, ações educacionais e difusão das ciências forenses, suporte técnico-científico em rede e ciência, tecnologia e inovação em segurança pública. Cada uma dessas diretrizes abriga uma série de ações, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Quadro sinóptico das ações relacionadas à implementação do NAPI em Segurança Pública e Ciências Forenses



Fonte: Autoria própria.

Legenda: CTI – ciência, tecnologia e inovação; MBF – Museu Brasileiro das Falsificações; P&D – pesquisa e desenvolvimento.

Essas ações envolvem atividades e entregas de resultados em prazos variados (curto, médio e longo), distribuídas no decorrer dos três anos do NAPI. No curto prazo – o primeiro ano –, estão previstas, entre outras:

- a) oferta de turmas específicas de doutorado na Unicentro para peritos da Polícia Científica nas áreas de farmácia e química;
- b) início das qualificações complementares (mestrado, pós-doutorado, pesquisador e apoio administrativo), em ambientes de pós-graduação do Brasil e do exterior (notadamente América Latina e Estados Unidos), com temáticas voltadas ao escopo geral do NAPI em voga;
- c) realização de missão científica na França, visitando o Serviço Nacional de Polícia Científica da França, a Universidade de Lyon 1, a Interpol etc, – agenda cumprida em junho de 2025;
- d) primeiro ciclo de oferta do workshop de avaliação da autenticidade de obras de arte e objetos de herança cultural;

- e) primeiro ciclo de exposições pelo estado do Paraná sobre a cadeia de falsificações e adulterações em distintos segmentos econômicos (em andamento desde novembro de 2024);
- f) implantação do Museu Brasileiro de Adulterações e Falsificações em Curitiba;
- g) atividades, conforme demandas próprias ou de parceiros estratégicos, de rastreamento de origem de vestígios e amostras criminais; microvestígios de interesse forense; geoprocessamento forense; correlação de evidências digitais e forense computacional; toxicologia forense; identificação de novas substâncias psicoativas, adulterações e falsificações; mineralogia forense e cadeia de exploração do ouro; e genética forense;
- h) primeira edição do evento científico Ambiente Brasileiro contra Falsificações em novembro de 2025: soluções culturais, educacionais, tecnológicas e econômicas integradas;
- i) no âmbito do projeto Caracterização isotópica e físico-química de vestígios forenses: implicações na busca de pessoas desaparecidas, criação do banco de dados com análise sazonal de 2.360 amostras de água de torneira; análise isotópica de 300 amostras (fase 1); análise por ressonância magnética nuclear e infravermelho por transformada de Fourier de 300 amostras (fase 1); criação do banco de dados (fase 1); formação de recursos humanos capacitados a manusear equipamentos de espectrometria de massas e interpretar dados isotópicos;
- j) ações transversais de disseminação educativo-midiática das ciências forenses, incluindo a operação de uma unidade móvel com exposição itinerante e atividades regulares em escolas e outros espaços educacionais do Paraná;
- k) práticas de relacionamento comunicacional, como *press tours*, produção e distribuição de *media kits*, organização de entrevistas coletivas em eventos técnicos do projeto, sistematização da memória audiovisual do NAPI, entre outras potencialidades;
- l) produção científica recorrente envolvendo o maior número possível de atores do NAPI em português, espanhol e inglês, com submissão para periódicos de referência internacional;
- m) implementação de um Programa de Residência Técnica nas áreas de Toxicologia, Genética e Química Forense, em parceria com a Polícia



Científica do Estado do Paraná, mediante aprovação da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (Seti);

- n) formação e entrada em operação da Rede Zicosur de Ciências Forenses, conforme apresentado e aprovado na XXXIV Sessão Plenária de Reitores da Rede Zicosur Universitário (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, em outubro de 2023), a Rede Zicosur de Ciências Forenses opera desde novembro de 2024.

Entre as ações de médio prazo para o segundo ano, estão:

- a) mapa com a distribuição isotópica de água de abastecimento dos municípios paranaenses;
- b) espacialização das 800 amostras (fases 1 e 2);
- c) continuação das qualificações complementares (mestrado, pós-doutorado, pesquisador e apoio administrativo), em ambientes de pós-graduação no Brasil e no exterior;
- d) missão técnica a países da América Latina para cooperações no escopo da proposta, envolvendo países participantes da Red Iberoamericana de Investigadores Forenses;
- e) segundo ciclo de ofertas do workshop de avaliação da autenticidade de obras de arte e objetos de herança cultural;
- f) sequência das atividades, conforme demandas próprias ou de parceiros, de rastreamento de origem de vestígios e amostras criminais; microvestígios de interesse forense; geoprocessamento forense; correlação de evidências digitais e forense computacional; toxicologia forense; identificação de novas substâncias psicoativas, adulterações e falsificações; mineralogia forense e cadeia de exploração do ouro; e genética forense;
- g) no âmbito do projeto Caracterização isotópica e físico-química, manutenção e ampliação do banco de dados com análise sazonal de 2.360 amostras de água de torneira; análise isotópica de 500 amostras (fase 2); e análise por ressonância magnética nuclear e infravermelho por transformada de Fourier de 500 amostras (fase 2);
- h) ampliação do banco de dados (fase 2);
- i) construção do Isoscape das regiões do Paraná;



- j) novo ciclo das ações transversais de disseminação educativo-midiática das ciências forenses, incluindo a operação de uma unidade móvel com exposição itinerante e atividades regulares em escolas e outros espaços educacionais pelo Paraná;
- k) continuidade das práticas de relacionamento comunicacional – *press tours*, produção e distribuição de *media kits*, organização de entrevistas coletivas em eventos técnicos, consolidação da memória audiovisual do NAPI, entre outras potencialidades;
- l) disseminação da produção científica advinda da equipe NAPI em português, espanhol e inglês, com submissão para publicação em periódicos de referência nacional e internacional.

Entre as ações de longo prazo para o terceiro ano, estão:

- a) realização de estadias de doutorado sanduíche na França e nos Estados Unidos de doutorandos da Unicentro (peritos da Polícia Científica);
- b) segunda missão técnica aos Estados Unidos para cooperações técnico-científicas no escopo da proposta;
- c) sequência das atividades de rastreamento de origem de vestígios e amostras criminais; microvestígios de interesse forense; geoprocessamento forense; correlação de evidências digitais e forense computacional; toxicologia forense; identificação de novas substâncias psicoativas, adulterações e falsificações; mineralogia forense e cadeia de exploração do ouro; e genética forense;
- d) segundo ciclo de exposições sobre a cadeia de falsificações e adulterações;
- e) segunda edição do evento científico Ambiente Brasileiro contra Falsificações (2027): soluções culturais, educacionais, tecnológicas e econômicas integradas;
- f) no âmbito do projeto Caracterização isotópica e físico-química, refinamento do mapa de distribuição isotópica; análise isotópica de 200 amostras (fase 3); análise por ressonância magnética nuclear e infravermelho por transformada de Fourier de 200 amostras (fase 3); manutenção e ampliação do banco de dados (fase 3); distinção de dados amostrais pela separação do material em cabelos, unhas, dentes e ossos; uso das Isoscape



para correlação de outros vestígios (e.g., vestígios de explosão, vestígios de danos ambientais); espacialização das 1.000 amostras analisadas (fases 1, 2 e 3), com esse número podendo ser maior a depender da otimização da metodologia de análise isotópica em restos mortais; banco de dados isotópicos (primeiro na América do Sul);

- g) ciclo final das ações transversais de disseminação educativo-midiática das ciências forenses, incluindo a operação de uma unidade móvel com exposição itinerante e atividades regulares em escolas e outros espaços educacionais do Paraná;
- h) continuidade das práticas de relacionamento comunicacional;
- i) disseminação da produção científica advinda da equipe NAPI em português, espanhol e inglês, com submissão para publicação em periódicos de referência nacional e internacional.



---

### 3.1 RESULTADOS QUALITATIVOS

343

Entre os resultados qualitativos, estão:

- a) formação de recursos humanos de alto nível em todas as instâncias (da graduação ao pós-doutorado) para a comunidade universitária envolvida;
- b) ofertas de ações de qualificação para o público externo, incluindo parcela significativa dos 550 peritos e técnicos de perícia da Polícia Científica do estado;
- c) realização de seminários científicos internacionais, com público-alvo estimado em mil participantes ao longo dos três anos;
- d) publicação de artigos científicos em periódicos nacionais e internacionais devidamente indexados, além de capítulos de livro ou livros;
- e) relatórios parciais do NAPI SP e CF regularmente encaminhados à Fundação Araucária;
- f) contribuições diretas (novas ferramentas, materiais ou procedimentos) para as atividades forenses da Polícia Científica do Paraná, especialmente pelo fato de que o NAPI em voga atuará diretamente com pelo menos

quatro dos dez principais tipos de exame mais solicitados à Polícia Científica (química, genética, toxicologia e crimes contra a pessoa);

- g) contribuições diversas, conforme demanda, com o mapa estratégico e o Plano de Ação 2023-2026 da Polícia Científica do Paraná.

Finalmente, pondera-se que o presente NAPI contribuirá em distintas escalas com os resultados esperados constantes da Nota Técnica n.º 01/2019 da Fundação Araucária.

---

## 4 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS



344

Decorridos poucos meses da implantação do NAPI SP e CF, é possível constatar que a aceitação pela sociedade paranaense, bem como por parceiros nacionais e internacionais, tem sido excelente. Isso se deve ao fato de o NAPI se mostrou um projeto consistente para a solução de diversos gargalos antigos e desafios recentes, como o fomento do que se pode chamar de Indústria Paranaense de Ciências Forenses – com produção de suprimentos atualmente importados pelos órgãos de segurança ou a nacionalização de tecnologias forenses. É igualmente interessante perceber que novos temas têm sido incorporados às demandas inaugurais do NAPI. Como exemplo disso, pode-se indicar o subprojeto que pretende tornar o Paraná referência latino-americana em genética e reprodução de cães farejadores – altamente utilizados por serviços de segurança pública, por Corpo de Bombeiros, Correios etc. –, por meio da sinergia entre a Polícia Militar do Paraná e a Unicentro, entre outros associados em potencial.

Há, desse modo, muitas oportunidades de crescimento, incluindo possibilidades de captação de recursos financeiros complementares tanto no Brasil como no exterior. Com verbas novas, desafios complementares podem ser assumidos. Temas tendem a ser incorporados ou aprofundados,

sobretudo aqueles que dizem respeito aos dez eixos do futuro preconizados por Cássio de Almeida Rosa (2025a; 2025b): fenotipagem de DNA; biossensores para análise forense; isótopos forenses; análise de proteínas ósseas; virtópsia; bases de dados interconectáveis; nanotecnologia aplicada; inteligência artificial e aprendizagem automática; realidade aumentada e realidade virtual; e cibercriminalística. A alguns deles, não é demais anotar, o NAPI já se dedica, como os isótopos forenses, as bases de dados interconectáveis e os biossensores para análise forense.

A equipe do NAPI SP e CF, portanto, avalia que está devidamente preparada para realizar tudo a que se propõe, sempre zelando pela eficiência dos recursos públicos. O presente capítulo reverbera isso que se prega e faz. Em outras palavras, *res ipsa loquitur*.



---

## REFERÊNCIAS

FACHONE, Patrícia; VELHO, Léa. Ciência forense: interseção justiça, ciência, tecnologia. **Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 139-161, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496650323008>. Acesso em: 25 jun. 2025.

FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Nota Técnica n.º 01/2019**. Curitiba: Fundação Araucária, 2019. Disponível em: [https://www.fappr.pr.gov.br/sites/fundacao-araucaria/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-06/nota\\_001\\_napi.pdf](https://www.fappr.pr.gov.br/sites/fundacao-araucaria/arquivos_restritos/files/documento/2020-06/nota_001_napi.pdf). Acesso em: 25 jun. 2025.

INVEST PARANÁ. **Por que Paraná?** Paraná: Invest Paraná. Disponível em: <https://investparana.org.br/por-que-parana/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PARANÁ. Portaria n.º 134/2022. **Diário Oficial do Estado**, n. 11.325, 22 dez. 2022.

POLÍCIA CIENTÍFICA DO PARANÁ. **Planejamento Estratégico 2023–2026**. Paraná: Polícia Científica do Paraná, 2023. Disponível em: <https://site.mppr>.

mp.br/sites/hotsites/arquivos\_restritos/files/documento/2023-11/planejamento\_estrategico\_policia\_cientifica.pdf. Acesso em: 25 jun. 2025.

PRA FRENTE PARANÁ: **Plano de Governo PR 2022**. Curitiba: Edição dos Autores, 2022.

ROSA, Cássio de Almeida. **O que o futuro nos reserva**: avanços que impulsionam as ciências forenses do século XXI — Parte 1. Brasília, DF: Fonte Segura, 2025a. (n. 263.) Disponível em: <https://fontesegura.forumseguranca.org.br/o-que-o-futuro-nos-reserva-avancos-que-impulsionam-as-ciencias-forenses-do-seculo-xxi-par-te-1/>. Acesso em: 19 jun. 2025.

ROSA, Cássio de Almeida. **O que o futuro nos reserva**: avanços que impulsionam as ciências forenses do século XXI — Parte 2. Brasília, DF: Fonte Segura, 2025b. (n. 265.) Disponível em: <https://fontesegura.forumseguranca.org.br/o-que-o-futuro-nos-reserva-avancos-que-impulsionam-as-ciencias-forenses-do-seculo-xxi-par-te-2/>. Acesso em: 19 jun. 2025.



## COLABORADORES DA FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA

Alisson Geovani Pinheiro do Vale  
Analice Gama Peixoto  
Barbara Sayuri Poffo Taniguti  
Brenda Brittes Kobs  
Caroline da Rocha Franco  
Celia de Oliveira Corso  
Cleber Prechlak  
Cristianne Cordeiro Nascimento  
Débora de Mello Sant'ana  
Deborah Bernett Leal da Silva  
Deise Elenice Bajerski Pigatto  
Deyvid Oliveira dos Anjos  
Diego Iwankio  
Ednilse Maria Willers  
Edson Smith  
Eliane Segati Rios  
Elisangela Pini  
Eny Rigoni Chiesorin  
Ettore Gustavo Claro da Cunha Lima  
Fabiano Gonçalves Costa  
Fatima Aparecida da Cruz Padoan  
Fernanda Carine Scheidt  
Frank Antônio Mezzomo  
Gabriel Francisco dos Passos  
Gerson Luiz Koch

Giselle Gomes Muller Gonçalves  
Guilherme Pelanda Onofre  
Joana Orchulhak Chrestenzen  
João Evangelista Ambrósio  
Job Diógenes Ribeiro Borges  
Joelson Miranda  
Jossiane Carla Gazzoni  
Julio Cezar Bittencourt Silva  
Karim Regina Muller  
Kimberli Sartori dos Santos  
Larissa Daniela Soares  
Linnyer Beatrys Ruiz Aylon  
Luan Baptista da Silva  
Lucas Emilio Bordignon  
Lucas Henrique Kober  
Luis Guilherme Brandt Goetzke  
Luiz Márcio Spinosa  
Luiza Bornancin e Santos  
Marcelo Barao Cabral  
Mariana Lazier Sarturi  
Mariuse Buczak Rothenburg  
Marly Terezinha Barao  
Mayumi Seto Takeguma  
Mônica Mazzei Florecki  
Mônica Pereira Forte  
Nilceu Jacob Deitos  
Patrícia Oliveira de Souza Raimundo  
Pedro Armando Gomes Picolli  
Ramiro Wahrhaftig


Roberta Chamberlain  
Rosana Malheiros Gaertner  
Simone Ferreira da Silva Cardoso  
Sueli Pires  
Tarcisio Lindislei Padilha Batalhoto  
Ticiane Barbosa Galdino Silva Nakashima  
Vanessa Costa Bruzetti  
Vanessa Rita Barazzetti  
Verônica Kujavski Kondlatsch  
Vitor Yuji Kiemo


## **COLABORADORES DA EDUTFPR**

Aline de Mello Boeira  
Anna Júlia Weber  
Marco Tulio Braga de Moraes  
Maria Eduarda Maciel da Rosa Eufrasio  
Simon Lainequer Kohler



Título Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação do Paraná (NAPIs)  
Formato 18 X 24 cm  
Tipografia Source Serif Variable  
Licença CC BY-NC-ND

**ED** **FPR** Curitiba  
25°26'20.4"S 49°16'08.4"W  
Feito no Brasil  
*Made in Brazil*  
2026



**A ciência não nasce isolada:  
ela pulsa em rede.**

Os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs) são a prova de que conhecimento compartilhado é poder multiplicado. Criados em 2019 pela Fundação Araucária com apoio da SETI, eles unem universidades, setor produtivo, governo e sociedade civil em torno de um mesmo propósito: transformar ideias em futuro. Este livro traz registros vivos dessa caminhada — experiências, resultados e reflexões que percorrem os eixos de Transformação Digital e Desenvolvimento Sustentável. Reúnem-se aqui iniciativas em **Agricultura & Agronegócio, Biotecnologia & Saúde, Energias Inteligentes, Cidades Inteligentes e Educação, Sociedade & Economia (Pós-Pandemia)**, expressando o compromisso do Paraná com a ciência, a inovação e o desenvolvimento sustentável. Uma história feita de parcerias, desafios e conquistas. Um movimento que mostra que a ciência é bem público, que a inovação se constrói coletivamente e que o desenvolvimento sustentável só acontece quando há cooperação em rede.

Além de um registro histórico, esta obra documenta parte da trajetória dos NAPIs e convoca ciência e tecnologia a seguirem juntas na construção de um impacto social transformador.

Um convite inspirador para pesquisadores, gestores públicos, estudantes e todos aqueles que acreditam no poder da ciência e da tecnologia como motores de transformação social.