



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Environmental Development 49 (2024) 100962



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Environmental Development

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envdev



Integrated indicators for the analysis of vulnerability in a socio-ecological system of the Atlantic Forest in southern Brazil

Fernanda de Souza Sezerino^{*}, Liliani Marília Tiepolo

Postgraduate Program in Sustainable Territorial Development, Atlantic Forest Analysis and Monitoring Laboratory (LAMMA), Federal University of Paraná - Setor Litoral, Rua Jaguariaíva, 512, Matinhos, Postal Code 83260-000, Paraná, Brazil

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Disciplina: População e espaços ambientais – SER 457

Docente: Dra. Silvana Amaral e Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro.

Discente: Raquel Zózimo Molinez



Volume 59, June 2026

ISSN 2211-4645

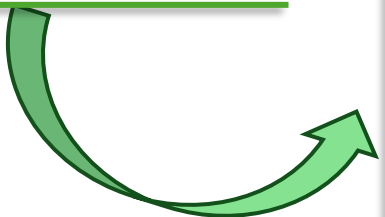
**ENVIRONMENTAL
DEVELOPMENT**

The Transdisciplinary
Journal of
SCOPE

Seminário:
Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Introdução

- **25 hotspots** globais de Biodiversidade; **125 milhões** de habitantes; **70% PIB** do país;
- **30%** estão em áreas naturais protegidas e **9%** Proteção Integral.

- 
- Processo de **expansão urbana** por ocupações irregulares;
 - Histórico de **exclusão social**;
 - Falta de **gestão fundiária e escassez de terra**;

- **Vulnerabilidade:** “*coexistence or spatial overlap between poor, discriminated and highly-deprived population groups (social vulnerability), who live or circulate in areas of risk or environmental degradation (environmental vulnerability)*”

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Objetivo

- Analisar a vulnerabilidade socioambiental no entorno de UCs em áreas de expansão urbana em remanescentes de Mata Atlântica no sul do Brasil utilizando indicadores integrados.

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Materiais e métodos – Área de estudo

- **75 setores censitários (290 km²);** duas áreas protegidas (**UCs**) no Município de **Paranaguá –PR**:
 - **Estação Ecológica de Guaraguaçu - 4.736,41 ha;**
 - **Parque Estadual do Palmito – 1.782,44 ha.**
- **1/3** da população total do Município (**50.682 habitantes**);
- Geografia: solo hidromórfico de **baixa declividade** (2,5% a 5%);

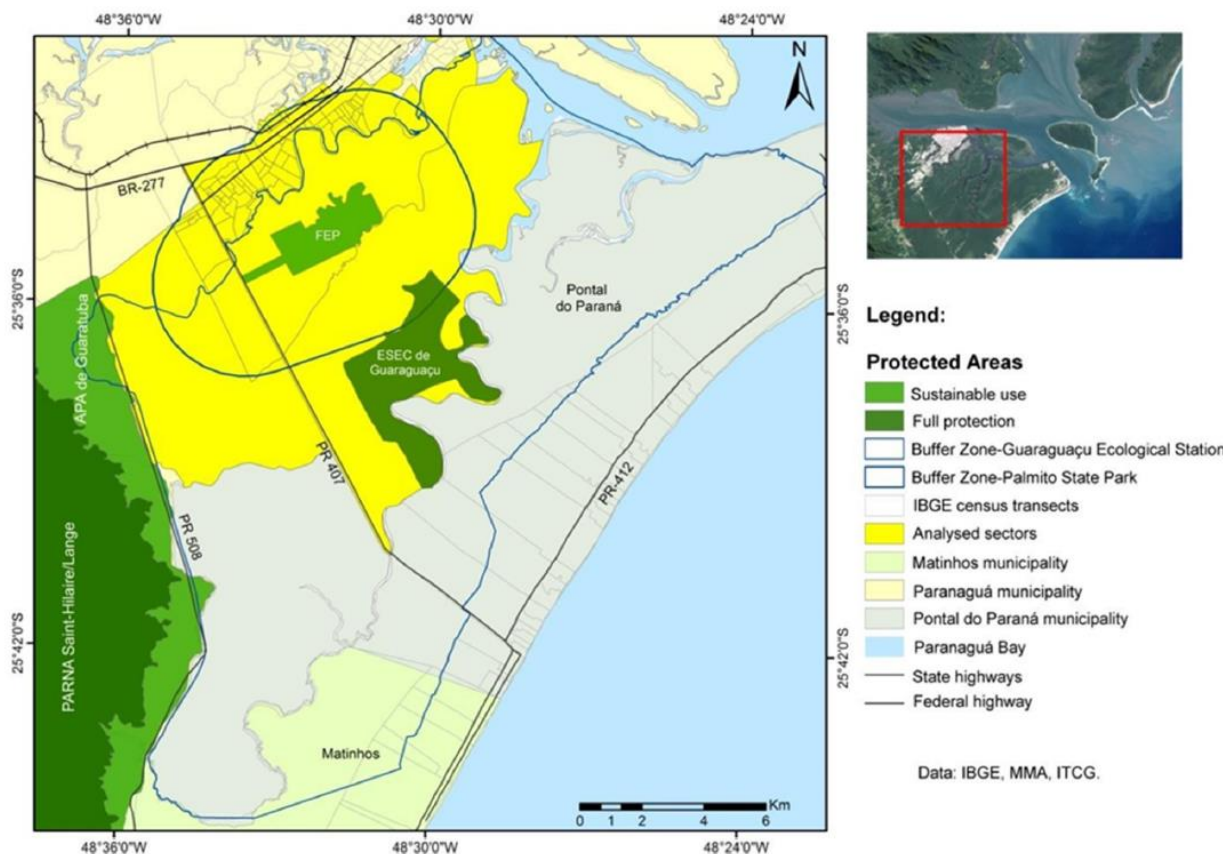


Fig. 1. Locations of IBGE census transects analyzed in Paranaguá municipality. Source: [Sezerino, 2016](#).

Seminário:
Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Materiais e métodos – Dados de análise

➤ 22 Indicadores:

- Socioeconômicos e demográficos (11);
- Infraestrutura (6);
- Ambientais/Climáticos (5).

➤ Ind. socioeconômico, demográfico e de infraestrutura.

- Censo Demográfico Brasileiro de 2010 (Sezerino, 2016)

Table 2
Classification of degree of vulnerability of census tracts.

Class	Degree of vulnerability
1	Very low vulnerability
2	Low vulnerability
3	Medium-low vulnerability
4	Medium-high vulnerability
5	High vulnerability
6	Extremely high vulnerability

Tabulation by the authors.

➤ Ambiental

- **Drenagem** : *buffers* - 50 m, 100 m, 200 m, 300 m, 400 m e 500 m / Setor Censitário (**ArcGis**);
- **Cobertura Florestal**: Interp. Visual Google Earth + Lev PRÓ-ATLÂNTICA, 1997 / Setor Censitário (**ArcGis**).

Table 3
Classification of the degree of vulnerability per census tracts in relation to forest cover percentage.

Forest cover percentage	Class	Degree of vulnerability
0–15%	6	Very high vulnerability
16–30%	5	High vulnerability
31–45%	4	Medium-high vulnerability
45–60%	3	Medium-low vulnerability
60–75%	2	Low vulnerability
>75%	1	Extremely low vulnerability

Tabulation by the authors.

➤ Climático

Dados mensais de **temperatura, umidade e precipitação (SIMEPAR) 1998 – 2014 (17 anos); Metodologia MCTI (2005) - Rstudio**

$$CVI = \frac{P_{observed} - Minimum}{Maximum - Minimum}$$

Table 4
Degree of vulnerability Classification according to the IVC by municipality.

CVI	Class	Degree of vulnerability
0.000–0.166	1	Very high vulnerability
0.167–0.333	2	High vulnerability
0.334–0.500	3	Medium-high vulnerability
0.501–0.667	4	Medium-low vulnerability
0.668–0.834	5	Low vulnerability
0.835–1.000	6	Extremely low vulnerability

Tabulation by the authors.

Table 1

Analyzed social and environmental indicators and the data source.

GROUP	DIMENSION OF ANALYSIS	INDICADOR	DATA SOURCE	SOURCE
Demographic and Socioeconomic	Social	01: Average household density in permanent private households (inhabitant/household)	IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)	Alves (2006); Deschamps (2008); Cartier et al. (2009); Almeida (2010); Tiburcio (2012)
		02: Percentage of children (0–12 years)*		
		03: Percentage of elderly (60 years or more)**		
		04: Percentage of non-literate heads of household		
		05: Percentage of non-literate children under 8 years of age ***		
		06: Percentage of minors who are household heads		
		07: Percentage of elderly who are household heads		
		08: Percentage of women who are household heads		
	Economical	09: Mean (in Reais) monthly income of person responsible for permanent private residence	IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)	Alves (2006); Deschamps (2008); Cartier et al. (2009); Almeida (2010); Esteves (2011)
		10: Percentage of households with monthly <i>per capita</i> income of 0–2 minimum wages		
		11: Percentage of households with no <i>per capita</i> income		
Infrastrutural	Social And Politics	12: Percentage of private households considered “precarious”	IBGE (2010)	Alves (2006); Deschamps (2008); Cartier et al. (2009); Almeida (2010); Esteves (2011); Tiburcio (2012)
		13: Percentage of households not connected to the general water supply network		
		14: Percentage of permanent private households without a bathroom		
		15: Percentage of permanent private households unconnected to the general sanitary sewage network		
		16: Percentage of permanent private households with no organized trash collection		

Authors’ note. * The classification of “children” of the Statute of the Child and Adolescent (Federal Law n° 8069/1990) was used; ** The classification of “seniors” of the Statute of the Elderly (Federal Law No. 10741/2003) was considered; *** The federal government National for Literacy Act establishes that by up to eight years of age all children should be literate.

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

...indicadores

- **Indicador 18** (Distância da rede de drenagem): Avalia a proximidade dos setores em relação aos cursos d'água naturais, utilizando faixas (buffers) de 50m a 500m para medir a suscetibilidade a inundações. (Seção 2.3.2 - Environmental indicators).
- **Indicador 19** (Cobertura florestal): Mede o percentual de vegetação nativa remanescente em relação à área total de cada setor censitário, classificado conforme o nível de preservação. (Seção 2.3.2 - Environmental indicators).
- **Indicador 20** (Precipitação): Analisa a frequência de meses com valores extremos de chuva (outliers) identificados em uma série histórica de 17 anos (1998-2014). (Seção 2.3.3 - Climatic indicators).
- **Indicador 21** (Temperatura): Identifica a ocorrência de temperaturas extremas (mínimas e máximas) na série histórica mensal para estabelecer o índice de vulnerabilidade climática (Seção 2.3.3 - Climatic indicators).
- **Indicador 22** (Umidade): Quantifica o percentual de meses com valores extremos de umidade do ar registrados no período de 204 meses analisados. (Seção 2.3.3 - Climatic indicators).

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Materiais e métodos – Dados complementares

➤ Complemento da análise documental:

- **Relatório Técnico de Elaboração do Plano Diretor Municipal (SEDU);**
- **Plano Municipal de Saneamento (2011);**
- **Plano Local de Habitação de Interesse Social (2012);**
- **Plano Municipal de Contingência de Proteção e Defesa Civil (2015);**
- **Relatório Técnico - Geoplanejamento (2011) – empresa privada;**
- **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Guaraguaçu (2006).**

➤ Portais eletrônicos oficiais:

- IBGE;
- Ministério do Meio Ambiente (MMA);
- Departamento de Informática do SUS (DATASUS/Ministério da Saúde);
- Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG);
- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES);
- Instituto Ambiental do Paraná (IAP), da Defesa Civil do Paraná;
- Prefeitura de Paranaguá.

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

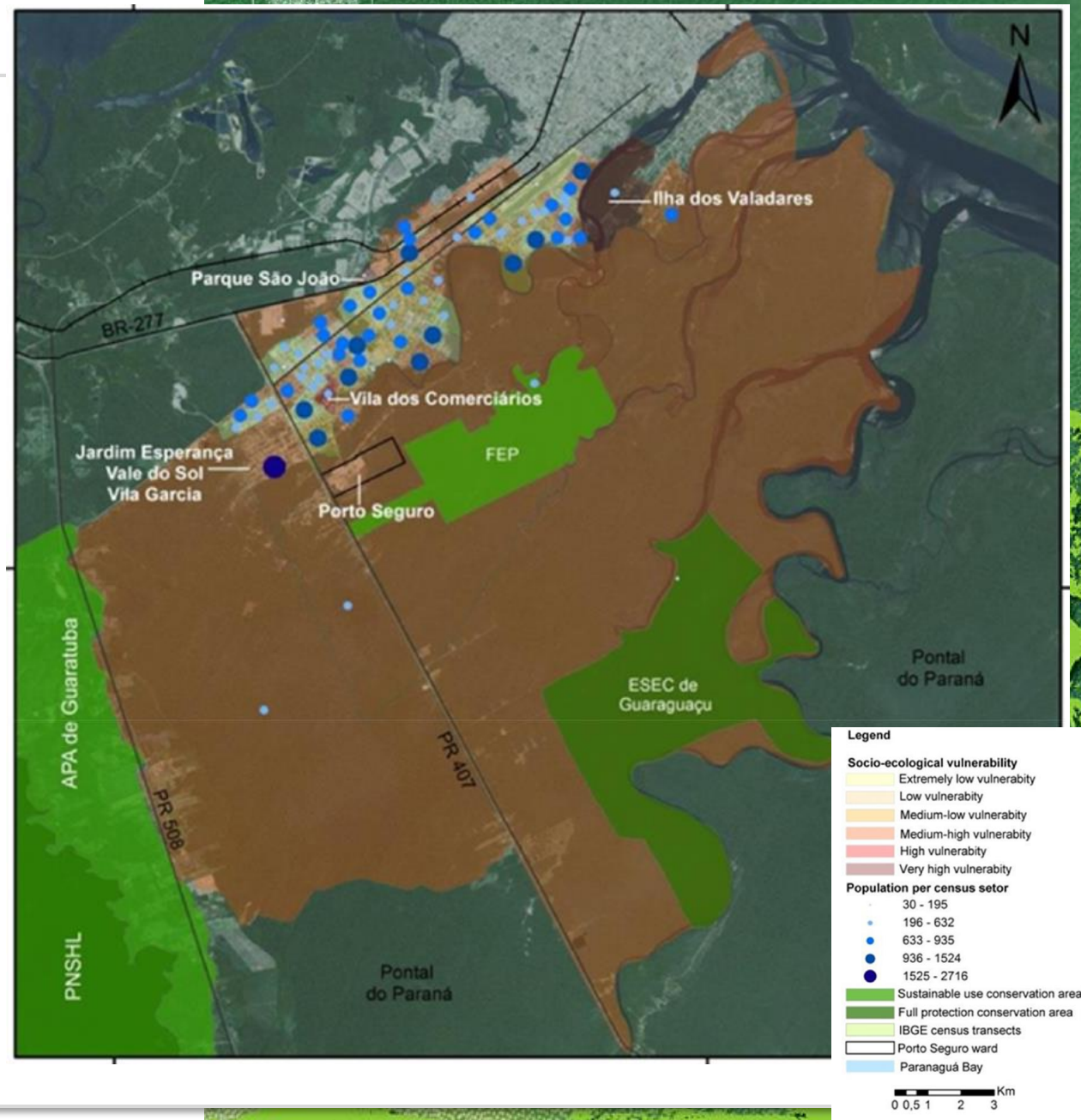
Materiais e métodos – Espacialização dos dados

- **Geração de 4 mapas:** (Softwares gvSIG 2.2.0 e ArcGIS 10.0 Datum SAD 69)
 - **3** - Cada grupo de indicadores (**Socioeconômico e Demográfico**; **Infraestrutura**; **Ambiental e Climático**);
 - **1** - Distribuição geral da **vulnerabilidade socioambiental**;

- Os **índices de vulnerabilidade** de cada grupo foram obtidos utilizando-se o **valor da moda** para cada setor;
- Quando houve empate entre valores, foi adotado o **maior grau de vulnerabilidade**.

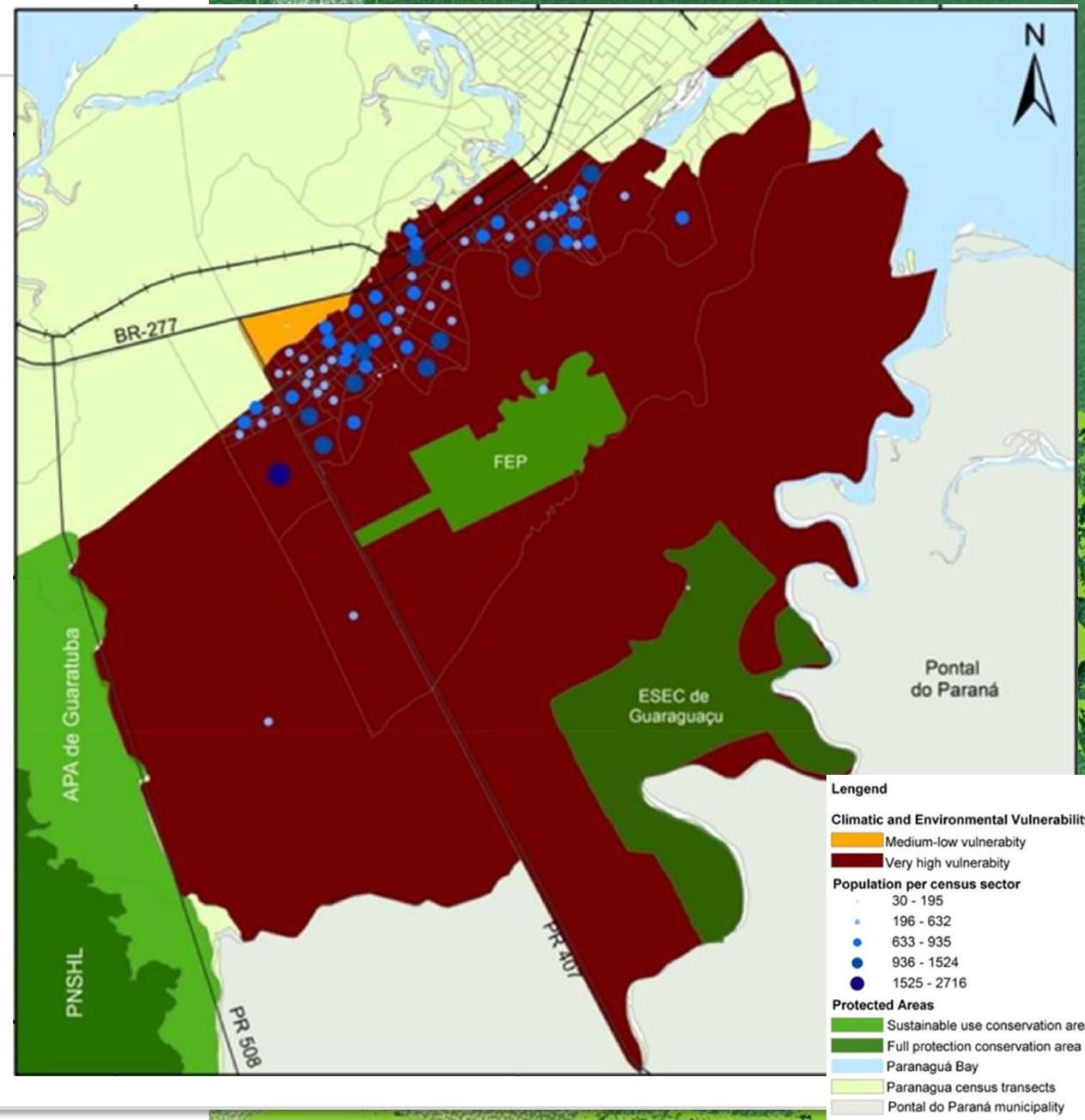
Resultados

- O nº populacional é maior nos setores mais vulneráveis (34% do total estudado);
- Setores com vulnerabilidade baixa são os de área urbana consolidada;
- Setores com vulnerabilidade media/alta e alta se localizam em áreas de expansão urbana;



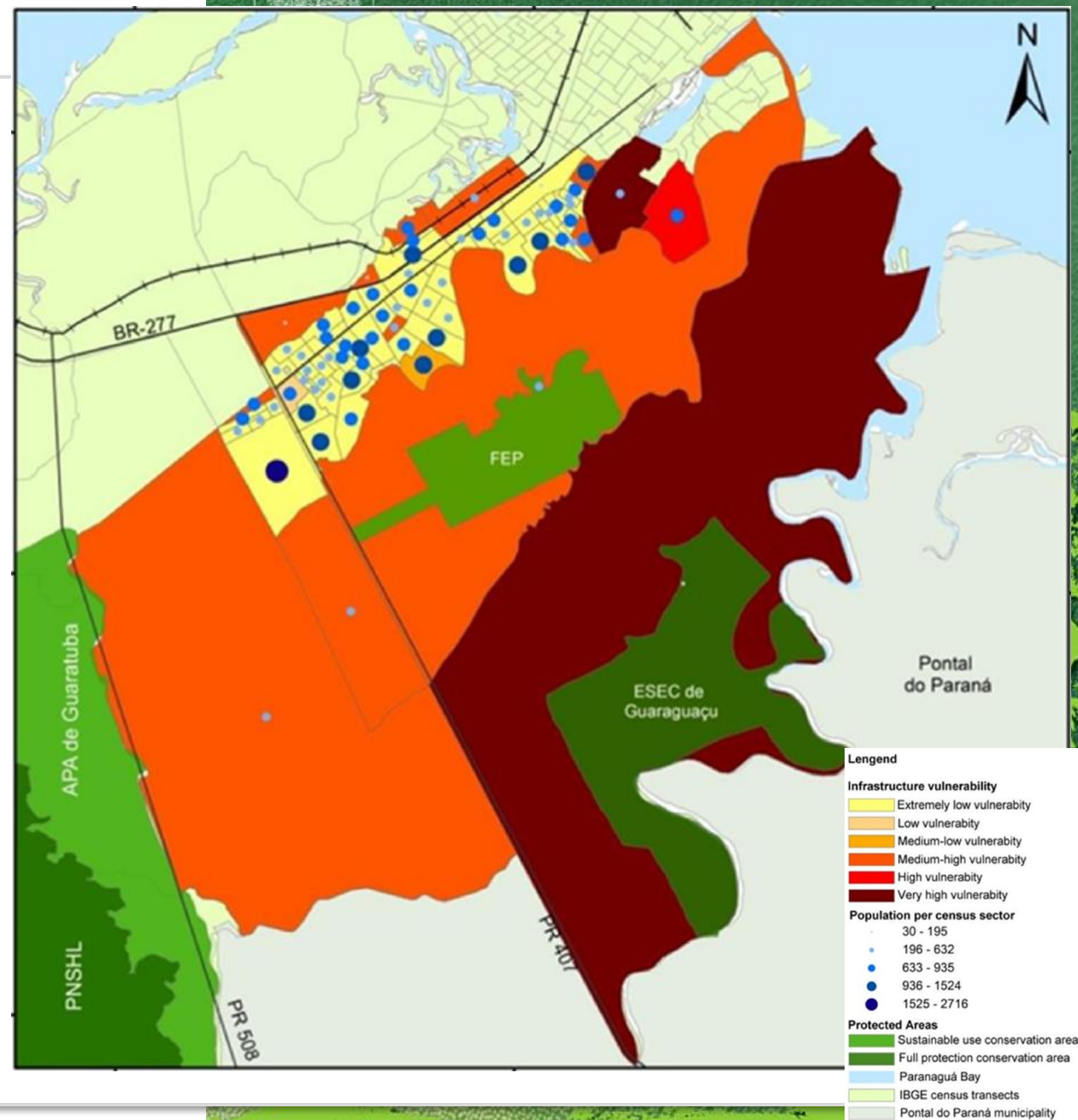
Resultados

- **99,6%** da população apresenta vulnerabilidade a **eventos climáticos**;
- **Precipitação** e **Umidade** apresentaram valores extremos;
- Setores **maior perda de cobertura florestal** em torno UCs;
- Setores com **menor cobertura** florestal concentram **maior número de habitantes**;
- Área próximas às **drenagens** apresentam **baixas taxas de vegetação** – avanço da ocupação irregular;



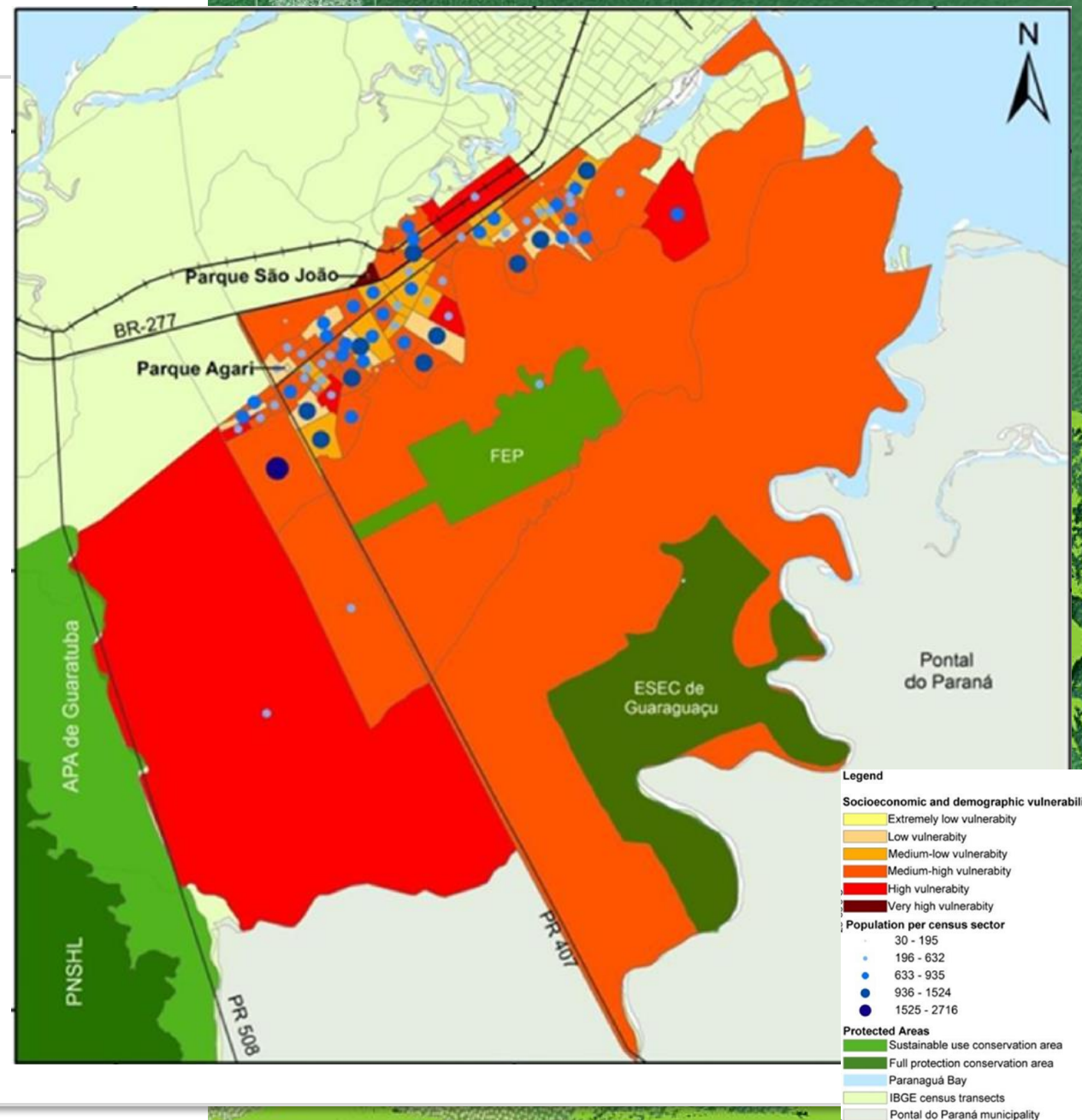
Resultados

- **28%** dos setores rurais têm vulnerabilidade **média/alta e muito alta** (Ind. infr. Sanitária);
- **5%** – Doenças parasitárias; **9%** - doenças do sistema digestivo; **epidemia de Dengue** - 2016;
- Setores Infraestrutura precária tem menor renda;



Resultados

- **83,13% dos domicílios** possuíam renda de **até dois salários mínimos**;
- **30% das crianças** da área de estudo não foram alfabetizadas (até 8 anos);
- **Mulheres** são responsáveis por cerca de **34%** dos domicílios – setores com mais **baixa renda e estrutura precária**;
- em **43%** dos setores **mulheres** são responsáveis pelos domicílios, os níveis de **analfabetismo infantil eram baixos**;



Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Discussão e Conclusão

- Região em zona de **expansão urbana**; de **baixo valor imobiliário**; estão sendo ocupadas por famílias de **baixa renda** e **baixa escolaridade**;
- Ocupações irregulares resultam em **maior sensibilidade** e **baixa capacidade de adaptação**;
- Pressões semelhantes em *hotspots* globais: **Mata Atlântica**, **nordeste da África (Chifre da África)**, **Madagascar**, **Bacia do Mediterrâneo**, **montanhas da Ásia Central** e no **Himalaia**;

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Discussão

- **A dimensão social** é significativa para o **grau de vulnerabilidade – Renda (baixos níveis de escolaridade e elevada densidade domiciliar);**
- **Documentos de políticas públicas:** Plano Diretor em 2007, o Plano Municipal de Recursos Hídricos (2009), o Plano Municipal de Saneamento (2011), o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e o Plano Local de Habitação de Interesse Social (ambos em 2012), além do Plano Municipal de Contingência de Proteção e Defesa Civil (2015);

Seminário:

Indicadores integrados para a análise da vulnerabilidade em um sistema socioecológico da Mata Atlântica no sul do Brasil

Observações

- **125 milhões** de habitantes, o que corresponde a cerca de **60% da população** brasileira (Rezende 2018);
- **Mapa da área de estudo:** não fica claro o limite municipal, ou os setores; o Porto;
- Organizar os dados em **uma planilha**: graus de vulnerabilidade, tipo de vulnerabilidade;
- Dados **censo demográfico de 2010**;
- Escolha de vulnerabilidade geral pela **moda**.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Environmental Development 49 (2024) 100962



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Environmental Development

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envdev



Integrated indicators for the analysis of vulnerability in a socio-ecological system of the Atlantic Forest in southern Brazil

Fernanda de Souza Sezerino^{*}, Liliani Marília Tiepolo

Postgraduate Program in Sustainable Territorial Development, Atlantic Forest Analysis and Monitoring Laboratory (LAMMA), Federal University of Paraná - Setor Litoral, Rua Jaguariaíva, 512, Matinhos, Postal Code 83260-000, Paraná, Brazil

Obrigada!



Volume 59, June 2026

ISSN 2211-4645

**ENVIRONMENTAL
DEVELOPMENT**

The Transdisciplinary
Journal of
SCOPE