

**Vulnerabilidade das Mulheres Rurais em Contexto de Mudança Climática: Uma
Abordagem Multidimensional Aplicada ao Sul do Brasil**

***Vulnerability of Rural Women in the Context of Climate Change: A Multidimensional
Approach Applied to Southern Brazil***

Fernanda Cigainski Lisbinski

Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura Luiz
de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, Brasil

GT 05 - Agricultura familiar, ruralidades e relações de gênero no meio rural

Resumo: Em um contexto de intensificação das mudanças climáticas e persistência de desigualdades estruturais no meio rural, torna-se essencial compreender como fatores ambientais, econômicos, de saúde e institucionais interagem na configuração da vulnerabilidade, especialmente sob a perspectiva de gênero. No caso das mulheres rurais, essa dinâmica é mais complexa, dado o acesso historicamente limitado a recursos produtivos, o que restringe sua autonomia e capacidade de resposta a choques adversos. Nesse cenário, o presente estudo propõe o Índice de Vulnerabilidade Climática, Econômica e de Saúde das Mulheres Rurais (IVCS-M), aplicado ao estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de mensurar a vulnerabilidade dos sistemas produtivos com presença feminina frente à variabilidade climática. Metodologicamente, combinam-se análise fatorial, regressão econométrica em corte transversal e técnicas de aprendizado de máquina, permitindo captar tanto relações estruturais quanto padrões não lineares. O índice foi construído com base em dados climáticos, produtivos, de saúde e socioeconômicos para os 497 municípios do estado, possibilitando identificar padrões espaciais e avaliar a contribuição das diferentes dimensões. Os resultados indicaram heterogeneidade territorial, com maior vulnerabilidade nas regiões da Campanha e Fronteira Oeste, associada à especialização produtiva, maior exposição climática e limitações estruturais, enquanto a Serra Gaúcha apresenta menores níveis, relacionados à diversificação produtiva e melhores condições socioeconômicas. No âmbito econométrico, clima, renda e saúde apresentam associação positiva com a vulnerabilidade, enquanto a dimensão gênero exerce efeito negativo, indicando que maior autonomia feminina contribui para sua redução. Observou-se, ainda, que a vulnerabilidade das mulheres rurais decorre da interação entre múltiplos fatores interdependentes, reforçando a necessidade de políticas públicas conjuntas e territorialmente orientadas, que promovam e reforcem a autonomia feminina e a melhoria das condições de saúde no meio rural.

Palavras-chave: Autonomia feminina; Desigualdade de gênero; Desenvolvimento rural; Adaptação climática; Análise espacial.

Abstract: In the context of intensifying climate change and persistent structural inequalities in rural areas, it becomes essential to understand how environmental, economic, health, and institutional factors interact in shaping vulnerability, particularly from a gender perspective. In the case of rural women, this dynamic is more complex due to historically limited access to productive resources, which constrains their autonomy and ability to respond to adverse shocks. In this context, the present study proposes the Climate, Economic, and Health Vulnerability Index for Rural Women (IVCS-M), applied to the state of Rio Grande do Sul, with the aim of measuring the vulnerability of production systems with female participation in the face of climate variability. Methodologically, the study combines factor analysis, cross-sectional econometric regression, and machine learning techniques, allowing for the capture of both structural relationships and nonlinear patterns. The index was constructed based on climatic, productive, health, and socioeconomic data for the 497 municipalities in the state, enabling the identification of spatial patterns and the assessment of the contribution of different dimensions. The results indicate territorial heterogeneity, with higher levels of vulnerability in the Campanha and Fronteira Oeste regions, associated with productive specialization, greater climate exposure, and structural constraints, while the Serra Gaúcha presents lower levels, linked to productive diversification and better socioeconomic conditions. From an econometric perspective, climate, income, and health show a positive association with vulnerability, whereas the gender dimension has a negative effect, indicating that greater female autonomy contributes to its reduction. Furthermore, it was observed that the vulnerability of rural women arises from the interaction of multiple interdependent factors, reinforcing the need for integrated and territorially oriented public policies that promote and strengthen female autonomy and improve health conditions in rural areas.

Keywords: Female autonomy; Gender inequality; Rural development; Climate adaptation; Spatial analysis.

1. Introdução

A crise climática consolidou-se como um dos principais desafios estruturais do século XXI, não apenas por seus impactos ambientais, mas por sua capacidade de intensificar desigualdades sociais preexistentes. Conforme destacado pelo IPCC (2022), seus efeitos incidem de forma desigual, atingindo mais intensamente populações já vulneráveis. Nesse sentido, a literatura caracteriza a mudança climática como um “multiplicador de riscos”, ao ampliar desigualdades e comprometer a capacidade adaptativa de grupos específicos (Fankhauser e McDermott, 2014; Cutter et al., 2012; Das et al., 2021). Entre os mais afetados estão as mulheres, especialmente as rurais, que enfrentam limitações estruturais de acesso a recursos produtivos e maior dependência dos recursos naturais. Eventos climáticos extremos tendem a ampliar essas disparidades, afetando desproporcionalmente o acesso à terra, água e meios de subsistência, além de aumentar a carga de trabalho não remunerado (UN Women, 2022). Em contextos rurais, secas e enchentes elevam riscos à renda, à segurança alimentar e à saúde, ao mesmo tempo em que restringem oportunidades produtivas e educacionais, reforçando ciclos de vulnerabilidade (FAO, 2011; 2023). No Brasil, episódios recentes de estiagens e enchentes no Sul mostram como choques climáticos têm gerado perdas expressivas na produção agrícola e agravado condições socioeconômicas no meio rural, afetando de forma mais intensa grupos com menor acesso a recursos e proteção social.

Paradoxalmente, essas mulheres ocupam papel central na sustentabilidade dos sistemas produtivos e nas comunidades rurais. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2017), representam cerca de 43% da força de trabalho agrícola nos países em desenvolvimento, atuando de forma decisiva na produção de alimentos, na gestão dos recursos naturais e na segurança alimentar. No entanto, persistem desigualdades significativas no acesso à terra, crédito, tecnologia e mercados, limitando sua capacidade produtiva e seus retornos econômicos (FAO, 2011; World Bank, 2023). Nesse sentido, a equiparação no acesso a esses recursos poderia elevar substancialmente a produtividade agrícola e reduzir a fome e a pobreza (FAO, 2011). Assim, configura-se um paradoxo central do desenvolvimento rural: embora fundamentais para o funcionamento dos territórios, as mulheres permanecem estruturalmente excluídas dos principais ativos e processos decisórios, comprometendo sua autonomia e o potencial de desenvolvimento sustentável das economias rurais.

A intensificação dos eventos climáticos extremos tem agravado a vulnerabilidade de forma sistêmica, ampliando riscos preexistentes. Secas, anomalias térmicas e eventos

hidrológicos extremos afetam diretamente a produtividade agrícola e a estabilidade da renda, elevando a exposição econômica das famílias e reduzindo sua capacidade de adaptação. Conforme destacado pelo IPCC (2022), esses choques interagem com desigualdades estruturais, produzindo impactos desproporcionais sobre grupos mais vulneráveis. No caso das mulheres rurais, os efeitos atingem simultaneamente as esferas produtiva e reprodutiva, aumentando a sobrecarga de trabalho e restringindo oportunidades econômicas. Em contextos de escassez, mulheres e meninas passam a dedicar mais tempo à obtenção de recursos essenciais, reduzindo sua participação em atividades produtivas e educacionais (UN Women, 2023). Além disso, os impactos climáticos estão associados à deterioração das condições de saúde e ao agravamento da insegurança alimentar, especialmente em áreas com menor acesso a serviços públicos (FAO, 2023). Esse processo configura uma dinâmica cumulativa e interdependente de vulnerabilidade, na qual choques climáticos, restrições econômicas e desigualdades de gênero se reforçam mutuamente, limitando a capacidade adaptativa e perpetuando ciclos de pobreza no meio rural.

Essa dinâmica mostra que a vulnerabilidade feminina no meio rural é um fenômeno multidimensional, resultante da interação entre fatores climáticos, econômicos, de saúde e institucionais (Cutter et al., 2003; IPCC, 2022). No campo da saúde, as mulheres desempenham papel central no cuidado familiar e comunitário, mas enfrentam restrições estruturais de acesso a serviços, especialmente em áreas rurais, onde limitações de infraestrutura e oferta comprometem a cobertura assistencial e favorecem diagnósticos tardios (World Health Organization, 2021; UN Women, 2023). No âmbito econômico, a dependência da renda agrícola, aliada ao acesso restrito a crédito, tecnologia e assistência técnica, reduz sua capacidade de resposta a choques, sobretudo em contextos de variabilidade climática (FAO, 2023). Já no plano institucional, normas sociais e desigualdades de gênero limitam sua participação em processos decisórios e o acesso a ativos produtivos, comprometendo sua autonomia econômica e capacidade adaptativa (World Bank, 2023).

Apesar dos avanços recentes, a literatura empírica ainda apresenta limitações na análise da vulnerabilidade no meio rural, predominando abordagens fragmentadas que tratam isoladamente dimensões como clima, renda, saúde e gênero, sem captar suas interações. No campo climático, muitos estudos focam nos impactos biofísicos e produtivos, negligenciando condicionantes socioeconômicos da capacidade adaptativa (Adger, 2006; Fankhauser e McDermott, 2014; Ortiz-Bobea et al., 2020; Cáceres e Hilton, 2021). Na dimensão econômica, enfatiza-se a produtividade e o acesso a insumos, frequentemente sem considerar desigualdades

de gênero e restrições institucionais (Doss, 2018; Quisumbing et al., 2014; Huyer et al., 2024). Na saúde, os avanços na análise de acesso ainda são, em geral, dissociados das condições ambientais e produtivas (Smith et al., 2014; Anjum e Aziz, 2025). Já na dimensão de gênero, prevalecem indicadores de participação e acesso a ativos, sem integração com dinâmicas climáticas e produtivas (Kabeer, 2012; Agarwal, 2010; Ampaire et al., 2020; Ayanlade et al., 2023). Nesse sentido, torna-se fundamental desenvolver abordagens interdisciplinares que capturem a vulnerabilidade como um sistema interdependente, no qual fatores climáticos, econômicos, de saúde e sociais se reforçam mutuamente.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver o Índice de Vulnerabilidade Climática, Econômica e de Saúde aplicado às mulheres rurais (IVCS-M), a fim de mensurar a vulnerabilidade e a capacidade adaptativa dos sistemas produtivos sob a perspectiva de gênero, frente a choques climáticos e à interação entre condições econômicas, de saúde e estruturais. Especificamente, busca-se: (i) construir um indicador sintético que integre variáveis climáticas, econômicas, de saúde e de gênero; (ii) identificar padrões espaciais de vulnerabilidade; (iii) avaliar a contribuição relativa de cada dimensão; e (iv) gerar resultados para subsidiar políticas públicas mais eficazes e sensíveis às desigualdades de gênero. A hipótese central é que a vulnerabilidade das mulheres rurais resulta da interação entre múltiplas dimensões, clima, renda, saúde e gênero, sendo intensificada em contextos de menor autonomia feminina. Assim, espera-se que municípios mais expostos a choques climáticos, com menor dinamismo econômico, maior fragilidade sanitária e menor autonomia feminina apresentem níveis mais elevados de vulnerabilidade.

O diferencial deste trabalho reside na construção de um indicador multidimensional que integra quatro dimensões (clima, renda, saúde e gênero) combinando análise de componentes principais e métodos de aprendizado de máquina para identificar os principais determinantes da vulnerabilidade. Essa abordagem não apenas sintetiza informações, mas também aprofunda a compreensão dos mecanismos que estruturam a vulnerabilidade feminina no meio rural. Ao articular essas dimensões, o estudo contribui para o debate acadêmico e para a formulação de políticas públicas, ao destacar que a vulnerabilidade resulta de interações entre fatores ambientais, econômicos e sociais. Nesse sentido, reforça a necessidade de políticas integradas que considerem adaptação climática, inclusão produtiva, acesso à saúde e equidade de gênero como pilares do desenvolvimento rural.

A escolha do Rio Grande do Sul como área de estudo justifica-se por sua relevância agropecuária, pela forte presença da agricultura familiar e pelo papel central das mulheres nas

atividades produtivas e na organização social do meio rural, ainda que em contextos de desigualdades estruturais. No estado, embora representem cerca de 29% da população ocupada nas atividades rurais, as mulheres acumulam funções produtivas e domésticas, desempenhando papel decisivo na gestão das propriedades e no cuidado familiar, frequentemente com acesso limitado a recursos e serviços básicos (SEAPI, 2021). Esse cenário se agrava diante do aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. Entre 2020 e 2024, estiagens sucessivas geraram perdas superiores a R\$ 100 bilhões, além de forte retração na produção agropecuária, como a queda de 42,9% em 2022 (SEAPI, 2024). Paralelamente, enchentes recentes afetaram mais de 206 mil propriedades rurais, comprometendo infraestrutura, produção e acesso à água em 2024 (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2024). Esses choques, ao impactarem renda, segurança alimentar e condições de vida, tendem a intensificar vulnerabilidades preexistentes, especialmente entre as mulheres, que enfrentam maiores limitações de acesso à saúde e maior sobrecarga de trabalho (SEAPI, 2022). Nesse contexto, o estado configura-se como um caso relevante para a análise da vulnerabilidade multidimensional, ao reunir elevada exposição climática, heterogeneidade socioeconômica e forte participação feminina nos sistemas produtivos rurais.

2. Metodologia

2.1 Variáveis e Fonte de Dados

Neste estudo foram utilizadas informações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Censo Agropecuário, Contas Regionais e Produção Agrícola Municipal (PAM), além do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES).

A amostra abrange os 497 municípios do estado do Rio Grande do Sul, com variáveis organizadas em quatro dimensões: clima, gênero, economia e saúde. A seleção buscou representar a exposição a choques climáticos, as condições produtivas e de renda, o acesso à saúde e aspectos estruturais da participação feminina no meio rural. As variáveis climáticas, provenientes do INMET, foram espacialmente atribuídas aos municípios com base na proximidade geográfica das estações meteorológicas. A relação das variáveis é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis utilizadas para a construção do IVCS-M

Dimensões	Variáveis	Descrição	Fonte
Clima	x1	Soma da precipitação ao longo do ano	INMET

	x2	Média anual da temperatura máxima	INMET
	x3	Média anual da temperatura mínima	INMET
	x4	Desvio percentual da precipitação em relação à média histórica	Elaboração própria (INMET)
	x5	Diferença da temperatura máxima em relação à média histórica	Elaboração própria (INMET)
	x6	Diferença da temperatura mínima em relação à média histórica	Elaboração própria (INMET)
Gênero	x7	Proporção de estabelecimentos dirigidos por mulheres	Censo Agropecuário (IBGE)
	x8	Proporção de estabelecimentos com direção feminina e assistência técnica	Censo Agropecuário (IBGE)
	x9	Proporção de mulheres ocupadas nos estabelecimentos	Censo Agropecuário (IBGE)
	x10	Proporção de estabelecimentos com acesso a crédito	Censo Agropecuário (IBGE)
	x11	Proporção de mulheres com mestrado ou doutorado	IBGE (Censo Demográfico)
	x12	Proporção de mulheres com ensino fundamental completo	Censo Agropecuário (IBGE)
	x13	Proporção de mulheres com ensino médio completo	Censo Agropecuário (IBGE)
	x14	Proporção de mulheres com ensino fundamental incompleto	Censo Agropecuário (IBGE)
	x15	Proporção de mulheres com ensino superior completo	Censo Agropecuário (IBGE)
Econômica	x16	Proporção de mulheres que nunca frequentaram escola	Censo Agropecuário (IBGE)
	x17	Valor Adicionado Bruto da Agropecuária	IBGE (Contas Regionais)
	x18	Área total colhida	IBGE (PAM)
	x19	Valor total da produção agropecuária	IBGE (PAM)
	x20	Quantidade produzida	IBGE (PAM)
Saúde	x21	Rendimento médio da produção	IBGE (PAM)
	x22	Taxa de internações femininas	DATASUS
	x23	Internações femininas por doenças respiratórias	DATASUS
	x24	Internações femininas por doenças de pele	DATASUS
	x25	Relação entre estabelecimentos de saúde e população	CNES/DATASUS

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

Cabe destacar que as variáveis provenientes do Censo Agropecuário e do Censo Demográfico se referem a 2017 e foram utilizadas como proxies das condições estruturais dos municípios, especialmente na dimensão de gênero, como escolaridade, inserção produtiva e acesso a recursos, dada sua baixa variabilidade no curto prazo. Em contraste, as variáveis de clima, atividade econômica e saúde referem-se a 2023, por representarem dimensões mais dinâmicas e sensíveis a choques conjunturais, capturando variações recentes nas condições ambientais, produtivas e sanitárias.

2.2 Índice de Vulnerabilidade Climática, Econômica e de Saúde das Mulheres Rurais (IVCS-M)

A vulnerabilidade rural, sob a perspectiva de gênero, envolve múltiplos fatores inter-relacionados de natureza climática, econômica, de saúde e estrutural. Diante dessa complexidade, utilizou-se a análise fatorial como técnica de redução de dimensionalidade, permitindo sintetizar um conjunto amplo de variáveis em fatores representativos e facilitar a interpretação dos resultados (Hair et al., 2009; Mingoti, 2005; Fávero & Belfiore, 2017).

As variáveis foram padronizadas por escores z, de modo a eliminar efeitos de escala. O número de fatores foi definido pelo critério de Kaiser (autovalores superiores a 1), e, para

facilitar a interpretação, aplicou-se rotação ortogonal varimax, que permite uma estrutura fatorial mais clara (Hair et al., 2009).

O IVCS-M foi construído a partir dos escores fatoriais, ponderados pela variância explicada por cada fator. Esse procedimento assegura que fatores com maior capacidade explicativa tenham maior peso na composição do índice, conforme recomendado na literatura de índices compostos (Mingoti, 2005). O índice pode ser expresso como:

$$IVCSM_m = \sum_{i=1}^p \left(\frac{\sigma_i^2}{\sum_{i=1}^p \sigma_i^2} \right) F_{im} \quad (1)$$

em que σ_i^2 representa a variância explicada pelo fator i , e F_{im} corresponde ao escore fatorial do município m .

Para facilitar a interpretação e permitir comparações, os valores do índice foram normalizados para o intervalo entre 0 e 1, por meio da transformação min-max:

$$IVCSM_m^* = \frac{IVCS_m - IVCS_{min}}{IVCS_{max} - IVCS_{min}} \quad (2)$$

Nesse formato, valores mais elevados indicam maior vulnerabilidade, enquanto valores mais baixos indicam maior adaptabilidade e resistência.

A adequação da análise fatorial foi verificada pelos testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett. Valores de KMO superiores a 0,6 indicam adequação da amostra, enquanto a rejeição do teste de Bartlett confirma a significância da matriz de correlação (Fávero & Belfiore, 2017).

2.3 Análise econométrica em corte transversal (cross-section)

A análise econométrica em corte transversal foi realizada para identificar os fatores associados à vulnerabilidade entre os municípios, complementando a construção do índice com uma abordagem explicativa. Enquanto a etapa anterior possui caráter descritivo, a regressão permite avaliar a relação entre o IVCS-M e suas dimensões constitutivas, oferecendo interpretação econômica dos resultados.

Para isso, estimou-se um modelo de regressão linear em corte transversal, tendo como variável dependente o IVCS-M. As variáveis explicativas correspondem às dimensões agregadas (clima, renda, saúde e gênero), obtidas a partir da padronização e agregação dos escores z das variáveis originais. A especificação do modelo pode ser representada da seguinte forma:

$$IVCSM_i = \beta_0 + \beta_1 Clima_i + \beta_2 Renda_i + \beta_3 Saude_i + \beta_4 Genero_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

em que $IVCSM_i$ representa o índice de vulnerabilidade do município i ; $Clima_i$, $Renda_i$, $Saude_i$ e $Genero_i$ correspondem aos indicadores sintéticos de cada dimensão; β_0 é o intercepto; β_k são os parâmetros a serem estimados; e ε_i representa o termo de erro aleatório.

Os parâmetros foram estimados por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Considerando a possível presença de heterocedasticidade em dados de corte transversal, foram utilizados erros-padrão robustos. A heterocedasticidade foi testada pelo teste de Breusch-Pagan, e a normalidade dos resíduos pelo teste de Jarque-Bera.

Ressalta-se que a regressão possui caráter explicativo, e não causal, uma vez que as dimensões explicativas derivam das mesmas variáveis utilizadas na construção do índice. Assim, essa etapa permite avaliar a contribuição relativa de cada dimensão, clima, renda, saúde e gênero, na formação da vulnerabilidade, subsidiando a interpretação econômica dos resultados e o desenho de políticas públicas mais direcionadas.

2.4 Classificação das variáveis por técnicas de machine learning

A importância relativa das variáveis na explicação da vulnerabilidade foi analisada por meio de técnicas de machine learning, complementando a abordagem econométrica ao capturar relações não lineares e interações complexas entre os preditores.

Neste estudo, foi utilizado o algoritmo Random Forest (Breiman, 2001), um método supervisionado baseado na construção de múltiplas árvores de decisão a partir de subconjuntos aleatórios de dados e variáveis, cuja previsão final resulta da média das árvores, reduzindo a variância e melhorando o desempenho preditivo.

O modelo foi estimado tendo o IVCS-M como variável dependente, explicado tanto pelas dimensões agregadas, quanto pelas variáveis originais. A validação foi realizada por meio da divisão da base em treino e teste, com avaliação via RMSE, MAE e R^2 .

A importância das variáveis foi mensurada pelo aumento percentual do erro quadrático médio (%IncMSE), que indica a perda de desempenho do modelo quando uma variável é aleatoriamente permutada, sendo valores mais elevados associados a maior relevância explicativa.

Formalmente, a lógica do método pode ser descrita como:

$$\widehat{IVCSM}_i = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B T_b(X_i) \quad (4)$$

em que $\widehat{IVCSM}_i$ representa o valor estimado do índice para o município i , T_b corresponde à previsão da árvore b , e B é o número total de árvores construídas. Cada árvore é estimada a

partir de uma amostra bootstrap dos dados, considerando subconjuntos aleatórios de variáveis em cada divisão, o que garante diversidade entre as árvores e reduz o risco de sobreajuste.

A utilização do Random Forest justifica-se por sua robustez em contextos com múltiplas variáveis correlacionadas, típicos de análises multidimensionais de vulnerabilidade, além de permitir identificar a importância relativa das variáveis na explicação do índice (Gareth et al., 2013). Assim como na regressão, sua aplicação possui caráter explicativo, e não causal, visando identificar padrões e hierarquias entre os fatores associados à vulnerabilidade.

3. Resultados e Discussão

Inicialmente, verificou-se a adequação da amostra para a análise fatorial por meio dos testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett. O KMO geral foi de 0,6895, indicando adequação moderada a boa dos dados. O teste de Bartlett apresentou qui-quadrado de 11090,71 (gl = 325; $p < 0,01$), permitindo rejeitar a hipótese de matriz identidade e confirmando a existência de correlações suficientes entre as variáveis. Esses resultados indicam que a amostra é adequada para a aplicação da análise fatorial.

A análise fatorial, via componentes principais, resultou na extração de oito fatores com autovalores superiores a um, conforme apresentado na Tabela 1. O primeiro fator explicou 19,23% da variância total, seguido pelo segundo (12,88%), enquanto os demais apresentaram contribuições decrescentes.

No conjunto, os oito fatores explicam 71,21% da variância total, indicando elevada capacidade de síntese dos dados. Esse resultado é consistente com a literatura, que considera valores superiores a 60% satisfatórios em ciências sociais (Hair Jr. et al., 2009), indicando a adequação da estrutura fatorial para representar a multidimensionalidade da vulnerabilidade analisada.

Tabela 1: Raiz característica, percentual explicado por cada fator e variância acumulada

Fator	Raiz característica	Variância explicada pelo fator (%)	variância acumulada (%)
1	4,999106	0,192273	0,192273
2	3,347961	0,128768	0,321041
3	2,123223	0,081662	0,402703
4	1,966389	0,07563	0,478334
5	1,832267	0,070472	0,548806
6	1,634177	0,062853	0,611659
7	1,406693	0,054104	0,665762
8	1,204729	0,046336	0,712098

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

Em seguida, aplicou-se rotação ortogonal Varimax para facilitar a interpretação dos fatores. A Tabela 2 apresenta as cargas fatoriais rotacionadas e as comunalidades. Para a análise, consideraram-se apenas cargas fatoriais com valores absolutos superiores a 0,5, permitindo identificar as variáveis mais associadas a cada fator e interpretar com maior clareza a estrutura da vulnerabilidade.

Tabela 2: Cargas fatoriais e comunalidade após a rotação ortogonal dos fatores

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Comunalidade
x1	-0,1843	-0,1064	-0,1682	-0,7183	-0,0824	-0,0071	0,0489	0,0246	0,5993
x2	-0,007	0,0833	0,9763	0,1385	0,085	0,0501	-0,0162	-0,0748	0,995
x3	0,0627	0,0394	0,2986	0,5696	0,0864	0,0433	-0,058	-0,1166	0,4466
x4	-0,0132	0,0184	0,1243	-0,7249	0,0081	0,0386	-0,0072	0,0552	0,5553
x5	-0,0173	0,0942	0,9465	0,1756	0,1479	0,0415	-0,0074	-0,0562	0,9626
x6	-0,0494	-0,0092	0,1043	0,6032	-0,0414	-0,0298	0,0189	0,0857	0,3891
x7	0,07	0,0316	0,1043	0,0541	0,8319	-0,0519	0,009	-0,2297	0,7676
x8	0,1126	0,1184	0,075	0,0183	0,8948	0,004	0,0024	0,0214	0,8339
x9	-0,2215	-0,5782	-0,117	-0,1325	-0,1585	-0,0085	0,0524	0,1327	0,4645
x10	0,1365	-0,0521	-0,1662	-0,1371	-0,4573	0,0271	0,0478	0,8452	0,995
x11	0,1565	0,9833	0,023	0,019	0,0222	-0,0012	0,0095	0,046	0,9969
x12	-0,1754	-0,1718	0,0762	-0,0656	-0,138	0,951	-0,0293	-0,0113	0,995
x13	0,1286	0,5789	0,1062	0,0295	0,123	-0,1897	-0,0096	0,1789	0,1119
x14	-0,0539	-0,1444	-0,0474	-0,0233	-0,0797	-0,5795	-0,062	-0,0113	0,3729
x15	0,1579	0,9829	0,0212	0,0136	0,0261	-0,0004	0,0107	0,05	0,9969
x16	-0,0167	0,0643	-0,1416	0,1757	0,0399	-0,6425	-0,0953	-0,0231	0,0796
x17	0,9541	0,1372	0,0002	0,0008	0,0874	-0,0074	0,0916	-0,0032	0,9458
x18	0,9599	0,1267	0,0038	0,0452	0,0777	-0,0138	0,045	0,0268	0,995
x19	0,9466	0,1955	0,0209	0,0544	0,0133	-0,0157	0,0713	-0,0363	0,995
x20	0,9423	0,1847	0,0566	0,1005	0,0388	-0,0163	0,053	0,0621	0,9437
x21	0,5748	-0,0534	-0,116	-0,0124	-0,0109	-0,05	0,0561	0,2954	0,2536
x22	0,1714	-0,0445	-0,0601	0,0051	-0,0011	0,0461	0,7509	-0,0783	0,6092
x23	0,0286	0,0039	0,0384	0,0257	-0,01	-0,0082	0,518	0,1083	0,1897
x24	-0,0459	-0,0194	0,016	-0,0114	0,1027	0,0128	0,5465	-0,002	0,2132
x25	0,0807	-0,0723	-0,09	-0,1009	-0,1663	0,0401	0,538	0,0686	0,2594

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

As comunalidades indicam a proporção da variância de cada variável explicada pelos oito fatores extraídos, refletindo seu grau de ajuste à estrutura fatorial. Observa-se melhor representação para variáveis econômicas e parte das variáveis climáticas e de gênero, enquanto algumas variáveis de saúde e escolaridade intermediária apresentaram comunalidades mais baixas, sugerindo menor aderência à estrutura comum.

O Fator 1 está fortemente associado às variáveis Valor Adicionado Bruto da Agropecuária (x17), Área colhida (x18), Valor da produção (x19) e Quantidade produzida (x20), além de menor contribuição do Rendimento médio (x21). Com 19,23% da variância explicada, esse fator reflete a escala econômica e o dinamismo produtivo agropecuário dos

municípios. O Fator 2 está relacionado às variáveis Proporção de mulheres com ensino médio (x13), superior (x15) e pós-graduação (x11), explicando 12,88% da variância. Esse fator representa o capital humano feminino qualificado, associado à capacidade de inserção produtiva, acesso à informação e potencial de decisão.

O Fator 3 está associado à média anual da temperatura máxima (x2) e à sua variação em relação à média histórica (x5), explicando 8,17% da variância. Esse fator representa o estresse térmico, captando níveis elevados de temperatura e intensificação de eventos de calor extremo.

O Fator 4 relaciona-se à precipitação anual (x1), seu desvio em relação à média histórica (x4), à temperatura mínima (x3) e à sua variação (x6), respondendo por 7,56% da variância. Esse fator reflete a variabilidade climática e os choques hidrotérmicos, associados à disponibilidade hídrica e à ocorrência de secas ou excesso de chuvas.

O Fator 5 está associado à proporção de estabelecimentos dirigidos por mulheres (x7) e àqueles com direção feminina e assistência técnica (x8), explicando 7,05% da variância. Representa a autonomia produtiva e a capacidade de gestão feminina no meio rural.

O Fator 6 relaciona-se à proporção de mulheres ocupadas (x9) e aos níveis de escolaridade básica (x12, x14, x16), respondendo por 6,29% da variância. Esse fator reflete a estrutura educacional feminina de base, distinguindo municípios quanto à escolaridade elementar e exclusão educacional, sendo que menores níveis de instrução contribuem negativamente para essa dimensão.

O Fator 7 está associado às variáveis de saúde, como taxa de internações femininas (x22), internações por doenças de pele (x24), relação entre estabelecimentos de saúde e população (x25) e, em menor grau, doenças respiratórias (x23), explicando 5,41% da variância. Reflete as condições sanitárias e o acesso à infraestrutura de saúde. O Fator 8 relaciona-se à proporção de estabelecimentos com acesso a crédito (x10), respondendo por 4,63% da variância. Representa a inclusão financeira e a capacidade de investimento produtivo rural.

Assim, as vinte e cinco variáveis utilizadas foram sintetizadas em oito fatores, que podem ser interpretados como: Fator 1, dinamismo econômico agropecuário; Fator 2, capital humano feminino avançado; Fator 3, estresse térmico e aquecimento; Fator 4, variabilidade climática; Fator 5, autonomia produtiva feminina; Fator 6, estrutura educacional feminina de base; Fator 7, condições de saúde e infraestrutura sanitária; e Fator 8, inclusão financeira rural. Em conjunto, esses fatores explicam 71,21% da variância total dos indicadores analisados, indicando capacidade satisfatória de síntese da estrutura multidimensional da vulnerabilidade das mulheres rurais.

3.1 Analisando e Discutindo o IVCS-M

Após a obtenção dos escores fatoriais, foi construído o IVCS-M para os municípios do Rio Grande do Sul, normalizado no intervalo entre 0 e 1, em que valores mais elevados indicam maior vulnerabilidade.

Os resultados indicaram forte heterogeneidade territorial. Os maiores níveis de vulnerabilidade foram observados em Santa Vitória do Palmar (0,98), Uruguaiana (0,94), São Borja (0,94), Itaqui (0,94) e Alegrete (0,91), concentrados nas regiões da Campanha e Fronteira Oeste, caracterizadas por elevada dependência agropecuária e maior exposição a choques climáticos, especialmente estiagens.

Por outro lado, os menores níveis de vulnerabilidade foram identificados em Nova Roma do Sul (0,013), Dona Francisca (0,013), Fagundes Varela (0,015), Coronel Pilar (0,016) e Vila Flores (0,040), localizados majoritariamente na Serra Gaúcha, onde predominam sistemas produtivos mais diversificados e melhores condições estruturais, favorecendo maior capacidade adaptativa.

Tabela 3. Municípios com maiores e menores níveis do IVCS-M no Rio Grande do Sul – 2023

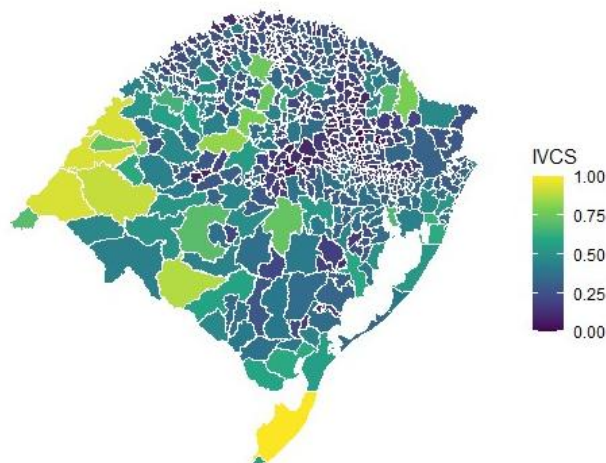
Maiores Indicadores				
Município	População Feminina Ocupada	VAB da Agricultura (Mil R\$)	IVCS-M	Classificação
Santa Vitória do Palmar	470	R\$ 369.312	1,00	Extrema
Uruguaiana	598	R\$ 444.647	0,94	Extrema
São Borja	868	R\$ 347.426	0,94	Extrema
Itaqui	305	R\$ 383.932	0,94	Extrema
Alegrete	1832	R\$ 435.107	0,91	Extrema
Dom Pedrito	753	R\$ 447.389	0,88	Alta
Tupanciretã	1159	R\$ 403.149	0,83	Alta
Cruz Alta	541	R\$ 264.843	0,80	Alta
Vacaria	2966	R\$ 449.758	0,79	Alta
Palmeira das Missões	1027	R\$ 314.851	0,76	Alta
Santa Bárbara do Sul	461	R\$ 226.683	0,75	Alta
Maçambará	188	R\$ 159.244	0,75	Alta
Cachoeira do Sul	2297	R\$ 520.757	0,74	Alta
São Gabriel	1952	R\$ 394.005	0,70	Alta
Barra do Quaraí	85	R\$ 120.542	0,70	Alta
Muitos Capões	533	R\$ 263.311	0,69	Alta
Cachoeirinha	14	R\$ 683	0,68	Alta
Porto Alegre	357	R\$ 21.112	0,67	Alta
São Luiz Gonzaga	878	R\$ 239.587	0,65	Alta
Colorado	391	R\$ 84.051	0,64	Alta
Menores Indicadores				
Município	População Feminina Ocupada	VAB da Agricultura (Mil R\$)	IVCS	Classificação
Nova Roma do Sul	433	R\$ 32.476	0,013	Baixa
Dona Francisca	251	R\$ 18.467	0,013	Baixa
Fagundes Varela	515	R\$ 29.008	0,015	Baixa
Coronel Pilar	555	R\$ 18.195	0,016	Baixa
Vila Flores	220	R\$ 21.960	0,040	Baixa
São Valentim do Sul	295	R\$ 19.275	0,046	Baixa
Segredo	1053	R\$ 63.044	0,047	Baixa
Nova Araçá	256	R\$ 26.972	0,055	Baixa
Cotiporã	558	R\$ 30.659	0,057	Baixa

Passa Sete	1127	R\$ 54.230	0,059	Baixa
Gramado Xavier	673	R\$ 45.028	0,062	Baixa
Santa Tereza	260	R\$ 16.395	0,066	Baixa
Taquaruçu do Sul	485	R\$ 29.409	0,073	Baixa
Tunas	685	R\$ 38.124	0,075	Baixa
Vespasiano Corrêa	463	R\$ 33.879	0,078	Baixa
Centenário	569	R\$ 31.401	0,079	Baixa
Doutor Ricardo	408	R\$ 13.460	0,079	Baixa
Toropi	529	R\$ 25.607	0,084	Baixa
Vista Alegre	525	R\$ 30.506	0,086	Baixa
Santo Antônio do				
Palma	568	R\$ 38.329	0,088	Baixa
União da Serra	388	R\$ 28.805	0,093	Baixa

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

A Figura 1 apresenta a distribuição espacial do IVCS-M nos municípios do Rio Grande do Sul em 2023, indicando um padrão heterogêneo de vulnerabilidade. Os maiores valores concentram-se nas regiões da Campanha e Fronteira Oeste, associados à maior exposição a choques climáticos, especialmente estiagens, e à dependência de atividades agropecuárias extensivas. Em contraste, os menores níveis, predominantes na Serra Gaúcha, refletem sistemas produtivos mais diversificados, maior capital humano e melhores condições estruturais.

Figura 1 – Distribuição espacial do Índice de Vulnerabilidade Climática, Econômica e de Saúde das Mulheres Rurais (IVCS-M) nos municípios do Rio Grande do Sul – 2023



Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

As regiões da Campanha e Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul são historicamente marcadas por sistemas agropecuários extensivos e elevada especialização produtiva, com predominância de pecuária de corte e culturas primárias, além de maior concentração fundiária e baixa diversificação econômica (Fossá e Troian, 2024; Rathmann et al., 2008; Schneider e Cassol, 2014). Esse padrão está associado a menor dinamismo econômico, menor complexidade produtiva e maior vulnerabilidade estrutural.

Do ponto de vista climático, essas regiões apresentam elevada exposição a eventos extremos, especialmente estiagens, que afetam diretamente a produtividade e a renda rural. Sistemas menos diversificados tendem a ser mais sensíveis a esses choques, reduzindo a capacidade adaptativa e ampliando riscos econômicos e sociais (Adger, 2006; Fankhauser & McDermott, 2014).

Sob a perspectiva de gênero, esses efeitos são intensificados. As mulheres representam cerca de 29% da força de trabalho agrícola no estado, com menor acesso a terra, crédito e assistência técnica, além de acumularem funções produtivas e de cuidado, o que limita sua autonomia e capacidade de resposta a choques (SEAPI, 2022; Kabeer, 2012; Agarwal, 2010).

Nesse contexto, a maior vulnerabilidade na Campanha e Fronteira Oeste resulta da interação entre alta exposição climática, estrutura produtiva concentrada e restrições institucionais, que limitam o acesso feminino a ativos e decisões, reforçando um ciclo cumulativo de vulnerabilidade (Das et al., 2021).

Por outro lado, a menor vulnerabilidade na Serra Gaúcha relaciona-se à maior presença de agricultura familiar, diversificação produtiva e integração agroindustrial, fatores que contribuem para maior estabilidade de renda e melhores condições socioeconômicas (Schneider, 2010; Thies et al., 2021). A diversificação reduz riscos e favorece a adaptação a choques climáticos. Além disso, contextos produtivos mais diversificados tendem a ampliar a participação feminina e o acesso a recursos, fortalecendo a autonomia e o empoderamento das mulheres (Doss, 2018; Quisumbing et al., 2014).

3.2 Resultados Econométricos do IVCS-M: Análise dos Determinantes da Vulnerabilidade

A Tabela 4 apresenta os resultados do modelo econométrico para os determinantes do IVCS-M. Os testes de diagnóstico indicam heterocedasticidade (Breusch-Pagan significativo), justificando o uso de erros-padrão robustos. O teste de Jarque-Bera aponta não normalidade dos resíduos. Ainda assim, a significância e a estabilidade dos coeficientes, mesmo após a correção, reforçam a robustez e a consistência dos resultados.

Tabela 4. Determinantes do IVCS-M: resultados do modelo de regressão (erros robustos)

Variável	Coefficiente (log)	Erro-padrão (robusto)	Estatística t (robusto)	p-valor (robusto)
Clima	0,0193	0,0030	6,4370	<0,0001
Renda	0,0559	0,0045	12,3118	<0,0001
Saúde	0,0208	0,0027	7,7691	<0,0001
Gênero	-0,0148	0,0048	-3,1103	0,0020
Intercepto	0,2863	0,0052	55,1722	<0,0001

Variável	Coefficiente (log)	Erro-padrão (robusto)	Estatística t (robusto)	p-valor (robusto)
Testes Realizados				
	Estatística		p-valor	
Breusch-Pagan	44,1422		<0,0001	
Jarque-Bera	74,7408		<0,0001	

Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

A dimensão climática apresentou coeficiente positivo e significativo ($\beta = 0,0193$), indicando que maior variabilidade climática está associada a níveis mais elevados de vulnerabilidade. Esse resultado está alinhado à literatura, que aponta os choques climáticos como fator central na ampliação da vulnerabilidade em sistemas rurais, especialmente em contextos de baixa capacidade adaptativa (Adger, 2006; Fankhauser e McDermott, 2014; Ortiz-Bobea et al., 2020). Eventos extremos, como secas e variações térmicas, afetam diretamente a produção, a renda e as condições de vida. No caso das mulheres rurais, esses efeitos são intensificados pela dependência dos recursos naturais e pelas restrições no acesso a terra, crédito e tecnologias, ampliando a exposição aos riscos e reduzindo a capacidade adaptativa (UN Women, 2023; Ampaire et al., 2020).

A dimensão econômica (renda) apresentou o maior coeficiente ($\beta = 0,0559$), indicando forte associação com a vulnerabilidade. Embora contraintuitivo, esse resultado sugere que maior dinamismo agropecuário pode coexistir com maior vulnerabilidade quando baseado em sistemas produtivos especializados e dependentes do clima. Assim, renda, quando não acompanhada de diversificação e inclusão, não necessariamente reduz a vulnerabilidade, podendo ampliá-la em contextos de alta exposição (Schneider, 2010; Doss, 2018; Arteaga et al., 2023). Reforça-se, portanto, que a vulnerabilidade depende não apenas do nível de produção, mas da estrutura do sistema produtivo.

A dimensão saúde apresentou coeficiente positivo e significativo ($\beta = 0,0208$), indicando que maior incidência de problemas de saúde está associada a níveis mais elevados de vulnerabilidade. Esse resultado reforça o papel central da saúde na capacidade adaptativa, uma vez que condições sanitárias precárias dificultam a resposta a choques ambientais e econômicos (Anjum e Aziz, 2025). No caso das mulheres rurais, esse efeito é intensificado pela sobrecarga de trabalho e pelas responsabilidades de cuidado, que limitam o acesso ao autocuidado e aos serviços de saúde.

Por fim, a dimensão gênero apresentou coeficiente negativo e significativo ($\beta = -0,0148$), indicando que maiores níveis de autonomia feminina estão associados à redução da vulnerabilidade. Esse resultado reforça a hipótese de que o empoderamento feminino, especialmente no acesso a recursos produtivos e na tomada de decisão, aumenta a

adaptabilidade e fortalecimento dos sistemas rurais (Kabeer, 2012; Agarwal, 2010; Ampaire et al., 2020). Além disso, maior acesso a ativos e conhecimento favorece a adoção de estratégias mais eficientes de adaptação, reduzindo impactos sobre a renda e o bem-estar (Doss, 2018; Quisumbing et al., 2014).

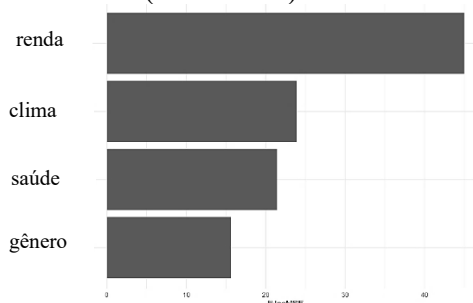
3.3 Importância das Dimensões e Variáveis: Evidências de Machine Learning

De forma complementar à análise econométrica, utilizou-se o algoritmo Random Forest para identificar a importância relativa das dimensões e variáveis do IVCS-M, capturando relações não lineares e interações complexas. A Figura 2 apresenta a importância das dimensões (%IncMSE), indicando que renda exerce maior influência na explicação da vulnerabilidade, seguida por clima, saúde e gênero. Esse resultado é consistente com a regressão, reforçando o papel da dinâmica econômica e da estrutura produtiva. Contudo, essa influência deve ser interpretada não apenas pelo nível de renda, mas pela forma como é gerada, especialmente em contextos de especialização produtiva e elevada dependência climática.

A dimensão climática, segunda em importância, confirma o papel dos choques ambientais na vulnerabilidade rural, atuando de forma transversal sobre produção, renda e condições de vida, especialmente em regiões mais expostas. A dimensão saúde também apresenta contribuição relevante, ao indicar que condições sanitárias e acesso a serviços influenciam diretamente a capacidade produtiva e de cuidado das mulheres.

A dimensão gênero, embora com menor peso relativo, mantém contribuição significativa, sugerindo que a autonomia feminina, associada à participação no trabalho e à capacidade de decisão, atua de forma indireta, mas consistente, condicionando o impacto dos demais fatores sobre a vulnerabilidade.

Figura 2 – Importância relativa das dimensões do IVCS-M estimada por Random Forest (%IncMSE)



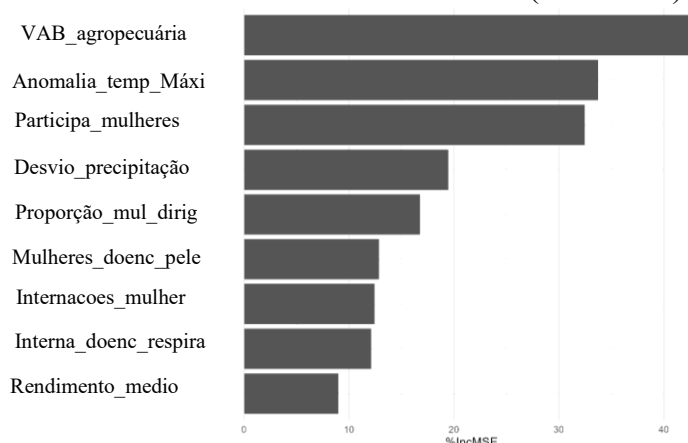
Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

A Figura 3 aprofunda a análise ao apresentar a importância das variáveis individuais. O Valor Adicionado Bruto da agropecuária (VAB) destaca-se como a variável mais relevante,

seguido por indicadores climáticos, como a anomalia de temperatura máxima, e variáveis ligadas à participação feminina no trabalho, reforçando que a vulnerabilidade resulta da interação entre estrutura produtiva, exposição climática e condições sociais.

Destaca-se também a relevância de variáveis de saúde, como internações e doenças de pele, indicando a influência direta de fatores ambientais e sanitários. Em contraste, variáveis como rendimento médio apresentam menor importância relativa, sugerindo que indicadores agregados de produtividade não capturam plenamente as desigualdades estruturais do território.

Figura 3. Contribuição das variáveis na explicação da vulnerabilidade das mulheres rurais: resultados do Random Forest (%IncMSE)



Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

Nota: As variáveis apresentadas correspondem a: VAB_agropecuária (x17) – Valor Adicionado Bruto da agropecuária; Anomalia_temp_máxi (x5) – diferença da temperatura máxima em relação à média histórica; Participa_mulheres (x9) – proporção de mulheres ocupadas nos estabelecimentos rurais; Desvio_precipitação (x4) – desvio percentual da precipitação em relação à média histórica; Proporção_mul_dirig (x7) – proporção de estabelecimentos dirigidos por mulheres; Mulheres_doenc_pele (x24) – internações femininas por doenças de pele; Internacoes_mulher (x22) – taxa de internações femininas; Interna_doenc_respira (x23) – internações femininas por doenças respiratórias; e Rendimento_medio (x21) – rendimento médio da produção agrícola.

Os resultados do Random Forest corroboram a análise econométrica e reforçam a robustez do IVCS-M, ao mostrar que a vulnerabilidade das mulheres rurais decorre da interação entre fatores econômicos, climáticos, de saúde e sociais. Além disso, a identificação das variáveis mais influentes contribui para o direcionamento de políticas públicas mais focalizadas, especialmente aquelas voltadas ao fortalecimento da autonomia feminina e à redução das desigualdades no meio rural.

5. Considerações finais

Este estudo propôs um Índice de Vulnerabilidade Climática, Econômica e de Saúde das Mulheres Rurais (IVCS-M), adotando uma abordagem interdisciplinar para capturar a complexidade da vulnerabilidade no meio rural sob a perspectiva de gênero. Os resultados

confirmam que a vulnerabilidade não decorre de um fator isolado, mas da interação entre dimensões climáticas, econômicas, de saúde e estruturais.

A análise fatorial apresentou elevada capacidade de síntese, com oito fatores explicando mais de 71,2% da variância total, demonstrando a consistência do indicador. Destaca-se a maior contribuição do fator associado ao dinamismo econômico agropecuário, seguido por dimensões relacionadas ao capital humano feminino, variabilidade climática e condições de saúde, reforçando o caráter sistêmico da vulnerabilidade. Os resultados espaciais revelam forte heterogeneidade no Rio Grande do Sul, com maior vulnerabilidade na Campanha e Fronteira Oeste e menores níveis na Serra Gaúcha. A análise econométrica reforça esses achados ao indicar que clima, renda e saúde têm efeitos positivos e significativos sobre a vulnerabilidade, enquanto a dimensão gênero apresenta efeito negativo, indicando que maior autonomia feminina reduz a vulnerabilidade. Destaca-se que o aumento da renda, quando associado a sistemas produtivos especializados e dependentes do clima, pode não reduzir, e até ampliar, a vulnerabilidade, reforçando a importância da diversificação produtiva e da inclusão social. De forma complementar, o Random Forest confirma a centralidade da dimensão econômica, seguida por fatores climáticos e sociais, mostrando que a vulnerabilidade resulta de interações não lineares.

Do ponto de vista das políticas públicas, os resultados destacam a necessidade de estratégias territorializadas, especialmente para regiões como a Campanha e a Fronteira Oeste, mais expostas a choques climáticos. Políticas de diversificação produtiva e integração a cadeias de valor são fundamentais para reduzir a vulnerabilidade associada à especialização agrícola. O fortalecimento da autonomia feminina, por meio do acesso à terra, crédito, assistência técnica e capacitação, emerge como elemento central, dado o papel ativo das mulheres na produção e as persistentes desigualdades no acesso a recursos. A integração entre políticas de saúde e desenvolvimento rural também é essencial, considerando as limitações de acesso, a sobrecarga de trabalho e os impactos sobre o bem-estar, que reforçam barreiras estruturais e ampliam a vulnerabilidade. Nesse sentido, políticas isoladas são insuficientes, exigindo uma abordagem intersetorial que articule dimensões climáticas, produtivas, de saúde e sociais.

Como limitações, destacam-se a defasagem temporal entre variáveis estruturais (2017) e conjunturais (2023/2024), que pode restringir a captação de mudanças recentes, e o recorte territorial restrito ao Rio Grande do Sul, limitando a generalização dos resultados. Além disso, a análise possui caráter associativo, não permitindo inferências causais. Pesquisas futuras podem ampliar a aplicação do IVCS-M para outras regiões, incorporar dados em painel e incluir

variáveis institucionais e indicadores mais desagregados, contribuindo para uma análise mais dinâmica e robusta da vulnerabilidade das mulheres rurais.

Referências Bibliográficas

- ADGER, W. N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, p. 268–281, 2006.
- AGARWAL, B. *Gender and green governance: the political economy of women's presence within and beyond community forestry*. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- AMPAIRE, E. L. et al. Gender in climate change, agriculture, and natural resource policies: insights from East Africa. *Climatic Change*, v. 158, n. 1, p. 43–60, 2020.
- ANJUM, G.; AZIZ, M. Climate change and gendered vulnerability: a systematic review of women's health. *Women's Health*, v. 21, p. 17455057251323645, 2025.
- ARTEAGA, J.; CARTER, M.; HOBBS, A. *Insuring those who bear the risk: the impact of gender-inclusive insurance in Kenya*. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2023. (Working Paper, n. 31639).
- AYANLADE, A. et al. Gendered vulnerabilities to climate change and farmers' adaptation responses in Kwara and Nassarawa States, Nigeria. *Humanities and Social Sciences Communications*, v. 10, n. 1, p. 1–15, 2023.
- BREIMAN, L. Random forests. *Machine Learning*, v. 45, n. 1, p. 5–32, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
- CÁCERES, C.; LI, Y.; HILTON, B. A climate change vulnerability assessment framework: a spatial approach. *arXiv preprint*, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2108.09762>.
- CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. In: CUTTER, S. L. (org.). *Hazards, vulnerability and environmental justice*. London: Routledge, 2012. p. 115–132.
- DAS, S. et al. Social vulnerability to environmental hazards in the Ganges-Brahmaputra-Meghna delta, India and Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 53, p. 101983, 2021.
- DOSS, C. R. Women and agricultural productivity: reframing the issues. *Development Policy Review*, v. 36, n. 1, p. 35–50, 2018.
- FANKHAUSER, S.; MCDERMOTT, T. K. J. Understanding the adaptation deficit: why are poor countries more vulnerable to climate events than rich countries? *Global Environmental Change*, v. 27, p. 9–18, 2014.
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. São Paulo: Atlas, 2017.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *The status of women in agrifood systems*. Rome: FAO, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/gender/the-status-of-women-in-agrifood-systems>.
- FOSSÁ, J. L.; TROIAN, A. Análise da distribuição do crédito rural nas regiões da Campanha e Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. *Revista Campo-Território*, v. 19, n. 55, p. 51–75, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCT195573102>.
- RIO GRANDE DO SUL (Estado). *Impactos das enchentes no meio rural*. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2024. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/mais-de-206-mil-propriedades-rurais-foram-afetadas-pelas-enchentes-no-rs>.
- HAIR, J. F. et al. *Multivariate data analysis*. 7. ed. Harlow: Pearson, 2009.
- HUYER, S. et al. From gender gaps to gender-transformative climate-smart agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 67, p. 101415, 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability*. 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/climate-change-2022-impacts-adaptation-and-vulnerability-working-group-ii>.

KABEER, N. Women's economic empowerment and inclusive growth: labour markets and enterprise development. *International Development Research Centre*, v. 44, n. 10, p. 1–70, 2012.

KAISER, H. F. An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, v. 39, n. 1, p. 31–36, 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02291575>.

MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Clima em mudança amplia desigualdade para mulheres rurais. 2017. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/77907-clima-em-mudan%C3%A7a-amplia-desigualdade-para-mulheres-rurais-alerta-ag%C3%A7%C3%A3o-da-onu>.

ORTIZ-BOBEA, A. et al. The historical impact of anthropogenic climate change on global agricultural productivity. *arXiv preprint*, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2007.10415>.

QUISUMBING, A. R. et al. Closing the knowledge gap on gender in agriculture. In: QUISUMBING, A. R. et al. (org.). *Gender in agriculture: closing the knowledge gap*. New York: Springer, 2014. p. 3–27.

RATHMANN, R. et al. Diversificação produtiva e as possibilidades de desenvolvimento: um estudo da fruticultura na região da Campanha no RS. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 46, p. 325–354, 2008.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. Mulheres rurais e participação produtiva. 2023a. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/mulheres-rurais-pesquisa-de-campo-indica-acumulo-de-trabalho-domestico-e-alto-grau-de-participacao-em-decisoes>.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. PIB do RS impactado pela estiagem. 2023b. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/impactado-pela-estiagem-pib-do-rs-apresenta-queda-de-2-6-em-2022>.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação. Pesquisa sobre mulheres rurais. 2023c. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/pesquisa-aprofunda-conhecimento-sobre-mulheres-rurais>.

SMITH, K. R. et al. Millions dead: how do we know and what does it mean? Methods used in the comparative risk assessment of household air pollution. *Annual Review of Public Health*, v. 35, p. 185–206, 2014.

THIES, V. F.; SCHNEIDER, E. P.; CONTERATO, M. A. Agricultura familiar, formas de agricultura e desenvolvimento na Região das Missões do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2., 2020, on-line. *Anais eletrônicos...* Ijuí: Unijuí, 2020.

UN WOMEN. *Gendered analysis of the impact of climate change on poverty, productivity and food insecurity*. 2023. Disponível em: <https://data.unwomen.org/publications/gendered-analysis-impact-climate-change-poverty-productivity-and-food-insecurity>.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). *Gender action plan*. 2019. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/gender/workstreams/the-gender-action-plan>.

WORLD BANK. *Gender gaps in agricultural productivity and public spending in Nigeria*. 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/40392>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Health workforce in rural and remote areas*. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570755>.