

AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DA GESTÃO AMBIENTAL MUNICIPAL EM RONDÔNIA POR ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

MULTIDIMENSIONAL ASSESSMENT OF MUNICIPAL ENVIRONMENTAL
MANAGEMENT IN RONDÔNIA THROUGH PRINCIPAL COMPONENT
ANALYSIS

Ciências Agrárias, Ciências Sociais Aplicadas • 04/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/780464818](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/780464818)

Lucas Daniel Almada¹

Maira Miranda Ciorlin²

Tiago Takashi Tomal³

RESUMO

O artigo analisa a viabilidade da gestão ambiental municipal em Rondônia por meio da aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP) em três dimensões ambientais: Áreas Protegidas, Degradação e Saneamento. O estudo fundamenta-se na teoria do federalismo fiscal e na construção de indicadores compostos por técnicas multivariadas, considerando a complexidade inerente ao desenvolvimento sustentável. A pesquisa caracteriza-se como quantitativa aplicada e utilizou 11 variáveis ambientais dos 52 municípios rondonienses, organizadas conforme as dimensões analisadas. A dimensão Áreas Protegidas contemplou proporção de Unidades de Conservação, Terras Indígenas, APPs e formação florestal; a dimensão Degradação envolveu queimadas, desmatamento anual e acumulado e orçamento ambiental; e a dimensão Saneamento incluiu abastecimento de água, coleta de resíduos e orçamento em saneamento. Os resultados apresentaram adequação estatística dos constructos, com testes KMO e Bartlett satisfatórios e variância explicada acumulada superior a 84%. Verificou-se heterogeneidade entre os municípios na dimensão Áreas Protegidas, concentração de elevada degradação associada a baixo investimento ambiental e precariedade generalizada no saneamento. Conclui-se que a ACP constitui instrumento viável para avaliação multidimensional da gestão ambiental municipal, contribuindo para subsidiar a reformulação do ICMS Ecológico rondoniense a partir de bases públicas e não onerosas.

Palavras-chave: ICMS Ecológico; Análise de Componentes Principais; Gestão Ambiental Municipal; Indicadores Compostos; Rondônia.

ABSTRACT

The article analyzes the feasibility of municipal environmental

management in Rondônia through the application of Principal Component Analysis (PCA) across three environmental dimensions: Protected Areas, Degradation, and Sanitation. The study is grounded in the theory of fiscal federalism and in the construction of composite indicators through multivariate techniques, considering the inherent complexity of sustainable development. The research is characterized as applied quantitative research and employed 11 environmental variables from the 52 municipalities of Rondônia, organized according to the analyzed dimensions. The Protected Areas dimension included the proportion of Conservation Units, Indigenous Lands, Permanent Preservation Areas (APPs), and forest formation; the Degradation dimension encompassed wildfires, annual and accumulated deforestation, and environmental budget allocation; and the Sanitation dimension included water supply, waste collection, and sanitation budget allocation. The results demonstrated the statistical adequacy of the constructs, with satisfactory KMO and Bartlett tests and cumulative explained variance exceeding 84%. Heterogeneity among municipalities was identified in the Protected Areas dimension, as well as a concentration of high degradation associated with low environmental investment and generalized deficiencies in sanitation. It is concluded that PCA constitutes a viable instrument for the multidimensional assessment of municipal environmental management, contributing to support the reformulation of the Ecological ICMS policy in Rondônia based on public and low-cost data sources.

Keywords: Ecological ICMS; Principal Component Analysis; Municipal Environmental Management; Composite Indicators; Rondônia.

1. INTRODUÇÃO

A organização federativa brasileira demanda instrumentos de coordenação capazes de alinhar incentivos e responsabilidades entre os entes federados em matéria ambiental (Arretche, 2004). Entre esses instrumentos, destaca-se o ICMS Ecológico, que distribui parte do Fundo de Participação dos Municípios referente ao ICMS por critérios ambientais, operando simultaneamente como compensação fiscal e incentivo comportamental (Ring, 2008).

Desde sua implementação no Paraná, em 1991 (Lui & Assunção, 2024), o mecanismo expandiu-se para diversos Estados, cada qual desenvolvendo modelos próprios de distribuição. Rondônia implementou o critério ecológico em 1996, por meio da Lei Complementar nº 147/1996, e mantém a estrutura original baseada exclusivamente em área de Unidades de Conservação (UCs). O Estado concentra 38,9% da área desmatada dentre as 50 UCs mais desmatadas do País (Imazon, 2017).

A manutenção do modelo original por quase três décadas levanta questões sobre sua efetividade. Um efeito é a exclusão de 18 municípios sem UCs implementadas. Além disso, dois municípios que mais recebem recursos estão na lista de prioritários do Ministério do Meio Ambiente por alta dinâmica de desmatamento. A abordagem de critério único contrasta com a evolução em outros Estados que desenvolveram modelos multivariados incorporando saneamento básico, gestão de resíduos e combate ao desmatamento (Almada & Moret, 2025).

A literatura aponta que indicadores multivariados, obtidos por meio de constructos, permitem mensurar diferentes dimensões e observar a complexidade de fenômenos como o desenvolvimento sustentável (Guimarães & Feichas, 2009). A Análise de Componentes

Principais (ACP) é destacada por Singh *et al.* (2009) como “método chave” para sintetizar medidas representativas para conjuntos de critérios ambientais.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a gestão ambiental dos 52 municípios rondonienses por meio de ACP aplicada em três dimensões: Áreas Protegidas (AP), Degradação Ambiental (DEG) e Saneamento (SAN), validando constructos que fundamentem a avaliação sistêmica da gestão ambiental municipal e, a partir disso, subsidiar os critérios de distribuição de recursos promovendo maior efetividade do caráter incentivador e compensatório dessa política fiscal-ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Federalismo Fiscal e ICMS Ecológico

O federalismo brasileiro, caracterizado pela descentralização fiscal e política, criou uma estrutura complexa de distribuição de competências. A Constituição Federal de 1988 estabeleceu competências comuns em matéria ambiental (Art. 23, VI e VII), demandando coordenação para efetividade das políticas (Arretche, 2004). O ICMS Ecológico constitui mecanismo de transferência intergovernamental que opera como instrumento de coordenação vertical, baseado em critérios que alinham práticas municipais aos objetivos ambientais.

A teoria de contratos e incentivos estabelece que a efetividade de políticas públicas se maximiza quando os pagamentos se condicionam ao alcance de resultados (Laffont & Martimort, 2002). Nesse sentido, Ring (2008) explica que o ICMS Ecológico opera como compensação fiscal e incentivo comportamental, e a ausência de

atualização do modelo rondoniense desde 1996 exemplifica o conceito de dependência de trajetória (path dependence) que gera custos crescentes de mudança e limita alternativas (Pierson, 2000).

2.2. Análise de Componentes Principais Como Instrumento de Avaliação Ambiental

Políticas públicas devem ser orientadas por conjuntos de indicadores que incluam qualidade de vida e sustentabilidade (Stiglitz *et al.*, 2018). A ACP, originalmente desenvolvida por Pearson (1904) e operacionalizada por Hotelling (1933), constitui técnica amplamente utilizada para transformar variáveis potencialmente correlacionadas em componentes principais não correlacionados, preservando a estrutura de variância original dos dados (Hair *et al.*, 2009).

Conforme Nardo *et al.* (2008), a ACP é especificamente recomendada para construção de indicadores compostos em contextos nos quais não existe consenso teórico sobre pesos a priori, pois os pesos emergem empiricamente da estrutura de covariância dos dados. Essa abordagem é superior a métodos de ponderação arbitrária, minimizando o viés humano na determinação de pesos (Fávero & Belfiore, 2025). A técnica é utilizada pelo Conselho Nacional de Justiça (CNJ, 2021) para mensurar o índice de acesso à justiça e no ICMS Ecológico do Pará (Pará, 2020).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa classifica-se como aplicada, com abordagem quantitativa e objetivos descritivo-explicativos (Siena *et al.*, 2025). A unidade de análise são os 52 municípios do Estado de Rondônia. A ACP foi aplicada em três dimensões: Áreas Protegidas (AP),

Degradação (DEG) e Saneamento (SAN). Os procedimentos seguiram as etapas de Fávero e Belfiore (2025) e foram executados por meio do software Rstudio. Os dados e códigos foram disponibilizados na Open Science Framework (DOI: 10.17605/OSF.IO/ACWTY).

3.1. Seleção das Variáveis Ambientais

A seleção das variáveis baseou-se em critérios de relevância teórica, disponibilidade e confiabilidade, identificados a partir de revisão integrativa da literatura sobre ICMS Ecológico no Brasil (Almada & Moret, 2025). As 11 variáveis foram organizadas conforme descrito nos Quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1: *Variáveis Selecionadas – Dimensão Áreas Protegidas (AP)*

Variável	Definição	Fonte
p_ucliq	Proporção do território municipal ocupado por área líquida de UC (deduzida a área antropizada)	SEDAM; FBDS
p_ti	Percentual do território municipal ocupado por Terras Indígenas	SEDAM; FBDS
p_app	Proporção do território municipal ocupado por APPs (Lei 12.651/2012)	FBDS
p_app_flores tal	Proporção de APP com formação florestal	FBDS; SEPEPP/TCER O

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Quadro 2: *Variáveis Selecionadas – Dimensão Degradação (DEG)*

Variável	Definição	Fonte
p_queimada	Proporção do território municipal com área queimada no ano de 2023	MapBiomas; FBDS
p_desmat_anual	Proporção do território municipal desmatado em 2023	PRODES/INPE; FBDS
p_desmat_acum_08_23	Proporção do território municipal desmatado entre 2008 e 2023	PRODES/INPE; FBDS
p_orc_gestao_ambiental	% de orçamento liquidado na Função 18 – Gestão Ambiental (2023)	SICONFI

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Quadro 3: *Variáveis Seleccionadas – Dimensão Saneamento (SAN)*

Variável	Definição	Fonte
p_atendimento_agua	Proporção da população atendida com abastecimento de água (2022)	SNIS
p_coleta_residuos	Taxa de cobertura de coleta de resíduos domiciliares (2022)	SNIS
p_orc_saneamento	% de orçamento liquidado na Função 17 – Saneamento (2023)	SICONFI

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

3.2. Procedimentos da Análise de Componentes Principais

Todas as variáveis foram padronizadas por Z-score para garantir contribuição equitativa. A adequação dos dados à análise fatorial foi verificada pelo teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), com valores aceitáveis superiores a 0,6 (Fávero & Belfiore, 2025), e pelo teste de

esfericidade de Bartlett, cuja rejeição da hipótese nula ($p < 0,05$) indica correlações significativas entre as variáveis.

Para a retenção de componentes, utilizaram-se três critérios complementares: critério de Kaiser (autovalores superiores a 0,7), percentual de variância acumulada mínimo de 80% e análise do gráfico de sedimentação (Scree Plot) (Hair *et al.*, 2009). Os escores fatoriais foram calculados pela multiplicação matricial entre os dados padronizados e a matriz de autovetores. O índice de cada dimensão foi obtido pela soma ponderada dos escores, com pesos proporcionais à variância explicada por cada componente (Fávero & Belfiore, 2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Dimensão Áreas Protegidas (AP)

Os autovalores, variâncias compartilhadas e acumuladas por componente constam na Tabela 1.

Tabela 1: *Fatores, Autovalores, Variância Compartilhada e Acumulada (Dimensão AP)*

Componente	Autovalor	Var. Compartilhada (%)	Var. Acumulada (%)
CP 1	2,65	66,19	66,19
CP 2	0,74	18,56	84,75
CP 3	0,45	11,27	96,02
CP 4	0,16	3,97	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Retiveram-se os dois primeiros fatores que, em conjunto, explicam 84,75% da variância total. As cargas fatoriais e comunalidades são apresentadas na Tabela 2.

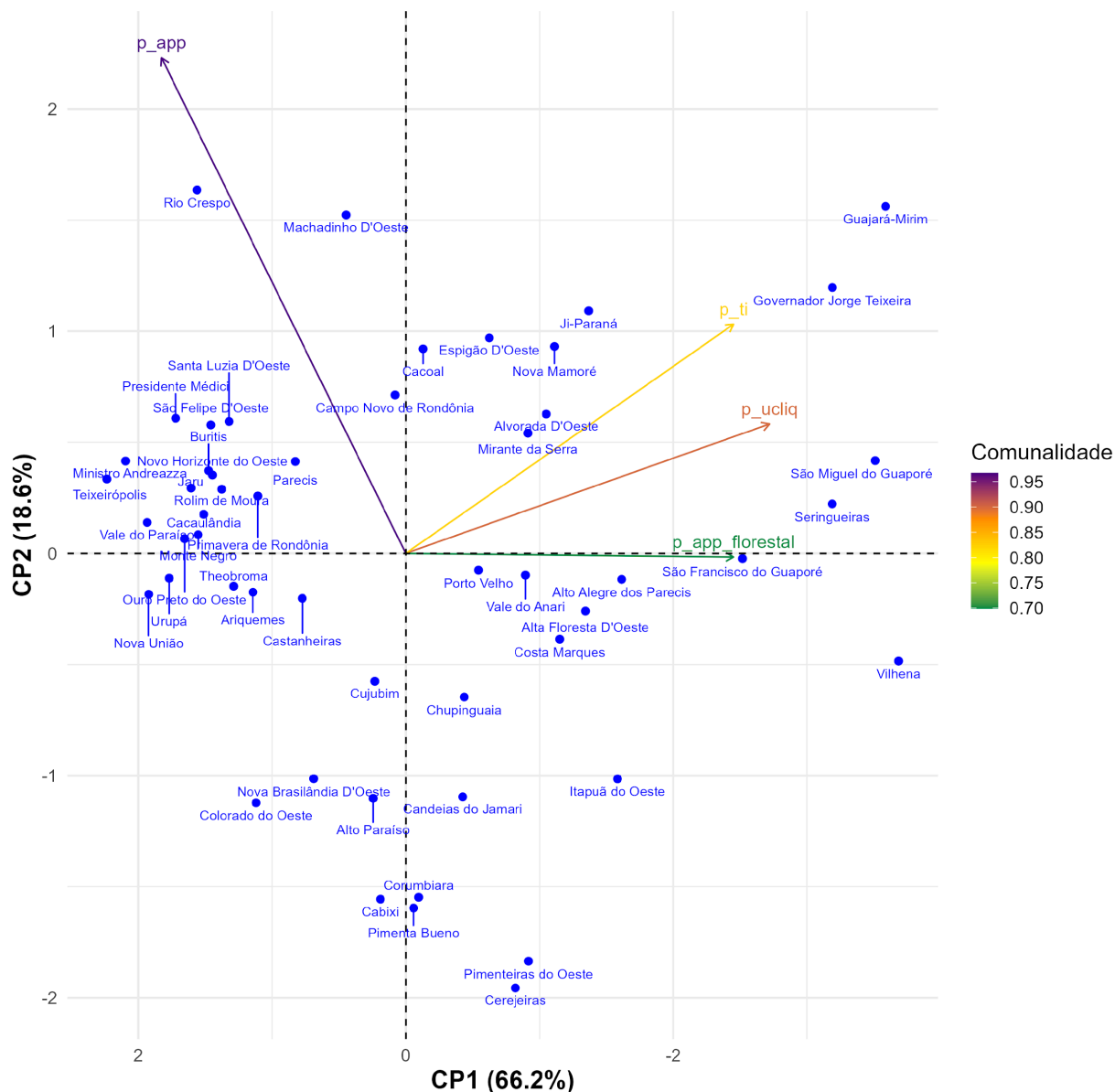
Tabela 2: *Cargas Fatoriais e Comunalidades (Dimensão AP)*

Variável	CP1 (66,19%)	CP2 (18,56%)	Comunalidades
p_ucliq	0,93	0,19	0,90
p_ti	0,84	0,35	0,82
p_app	-0,62	0,76	0,97
p_app_florestal	0,83	-0,01	0,70

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

O primeiro componente (CP1) caracteriza-se por cargas elevadas para proporções de UC líquida (0,93), terras indígenas (0,84) e APP florestais (0,83), representando um gradiente de qualidade de conservação. O segundo componente capta principalmente a proporção de APP nos municípios. As comunalidades indicam que o modelo explica adequadamente a variância das variáveis, com destaque para p_app (97%) e p_ucliq (90%).

Figura 1: *Biplot ACP (Dimensão Áreas Protegidas)*

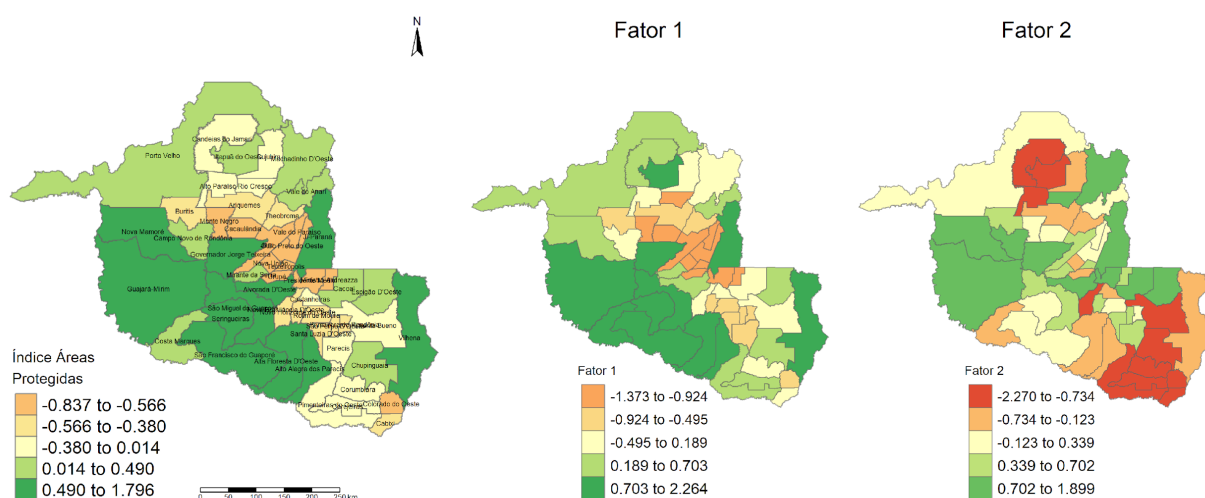


Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

A análise dos quadrantes do biplot (Figura 1) permite identificar quatro perfis distintos de municípios. O quadrante superior direito (+CP1, +CP2) concentra municípios que combinam alta conservação de áreas protegidas com significativa proporção de APPs. O quadrante superior esquerdo agrupa municípios sem UCs significativas, mas com alta proporção de APPs. O quadrante inferior direito reúne municípios com grandes UCs, mas menor cobertura de APPs. O quadrante inferior esquerdo concentra municípios com pior desempenho.

Observa-se forte heterogeneidade entre os municípios: Guajará-Mirim, São Miguel do Guaporé e Vilhena destacam-se pela conservação de áreas protegidas, enquanto municípios como Teixeiraópolis e Nova União não possuem UCs e apresentam baixa formação florestal em APPs. A região do Vale do Guaporé concentra municípios com alta pontuação, enquanto a região Central apresenta menor desempenho.

Figura 2: Mapas de desempenho no Índice AP e Fatores 1 e 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2025) por meio do Rstudio

Os indícios revelam que a presença de UCs tende a se correlacionar com a conservação das APPs, sugerindo que quando essas áreas se sobrepõem existe tendência de que as APPs tenham formação florestal. No entanto, municípios como Itapuã do Oeste, que mantêm 82,64% de formação florestal em APPs (acima da média de 59,74%), mas possui apenas 3,86% de área municipal coberta por APPs, têm seu desempenho no índice reduzido. Municípios como Chupinguaia e Corumbiara, no Cone Sul, apresentam baixo grau de formação florestal em APPs, podendo indicar alto grau de antropização dessas áreas.

Tabela 3: 5 Melhores e Piores Desempenhos no Índice Ap

#	Município	p_ucliq	p_ti	p_app	p_app_
1	Guajará-Mirim	89,62	50,80	6,72	91,66
2	Cov. J. Teixeira	66,18	66,72	5,51	76,15
3	S. M. Guaporé	61,73	61,93	3,94	85,05
4	Vilhena	56,54	57,05	2,09	88,34

△ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/avaliacao-multidimensional-da-gestao-ambiental-municipal-em-rondonia-por-analise-de-componentes-principais?noblockage>

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

4.2. Dimensão Degradação (DEG)

Tabela 4: *Fatores, Autovalores, Variância Compartilhada e Acumulada (Dimensão DEG)*

Componente	Autovalor	Var. Compartilhada (%)	Var. Acumulada (%)
CP 1	2,53	63,34	63,34
CP 2	1,03	25,77	89,11
CP 3	0,33	8,34	97,46
CP 4	0,10	2,53	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Retiveram-se os dois primeiros fatores que explicam 89,11% da variância total. As cargas fatoriais e comunalidades são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: *Cargas Fatoriais e Comunalidades (Dimensão DEG)*

Variável	CP1 (63,34%)	CP2 (25,77%)	Comunalidades
p_queimada	-0,83	0,30	0,79
p_desmat_anual	-0,95	-0,01	0,90
p_desmat_acum_08_23	-0,94	-0,05	0,89
p_orc_gest_ambiental	0,19	0,96	0,97

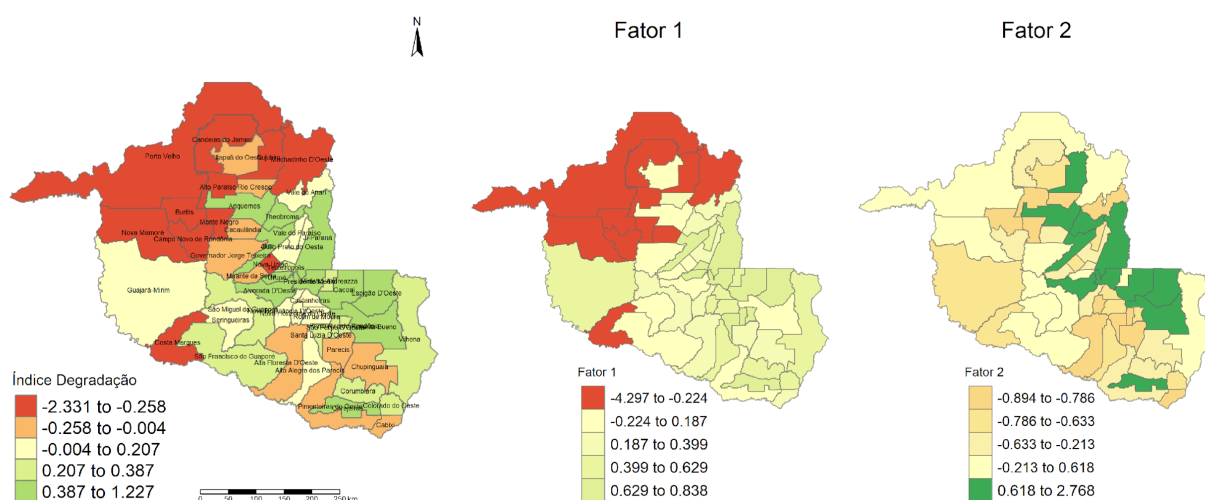
Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

O primeiro componente (CP1) apresenta cargas elevadas e negativas para queimadas (-0,83), desmatamento anual (-0,95) e desmatamento acumulado (-0,94), representando um gradiente de degradação ambiental. Já o segundo componente capta a proporção de despesa orçamentária em gestão ambiental (0,96), capturando o esforço orçamentário dos municípios. As comunalidades confirmam adequação do modelo, com destaque para p_orc_gest_ambiental (97%) e p_desmat_anual (90%).

Figura 3: *Biplot ACP (Dimensão Degradação)*

Observa-se forte homogeneidade de grande proporção de municípios no quadrante inferior direito: a maioria tem perfil de degradação em patamar semelhante e investimento baixo em gestão ambiental. A concentração de municípios nesse quadrante corrobora os achados da literatura que indicam que o ICMS Ecológico não tem conseguido incentivar investimento na função 18 (Castro *et al.*, 2019). A inclusão de variáveis de desmatamento visa captar a dinâmica de degradação ambiental, evitando a compensação excessiva de municípios com alta dinâmica, conforme alertam Fadel, Tupiassu e Gros (2018).

Figura 4: Mapas de desempenho no Índice DEG e Fatores 1 e 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2026) por meio do Rstudio

4.3. Dimensão Saneamento (SAN)

Na região Norte, onde questões de saneamento são particularmente críticas para a saúde pública e proteção de recursos hídricos, critérios relacionados ao saneamento básico ganham relevância adicional. No entanto, a ausência de indicadores para vários municípios gera dificuldades para abordar a dimensão de maneira mais completa. Os autovalores e variâncias são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: *Fatores, Autovalores, Variância Compartilhada e Acumulada (Dimensão SAN)*

Componente	Autovalor	Var. Compartilhada (%)	Var. Acumulada (%)
CP 1	1,52	50,61	50,61
CP 2	1,05	34,92	85,53
CP 3	0,44	14,47	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Retiveram-se os dois primeiros fatores que explicam 85,53% da variância total. As cargas fatoriais e comunalidades constam na Tabela 7.

Tabela 7: *Cargas Fatoriais e Comunalidades (Dimensão SAN)*

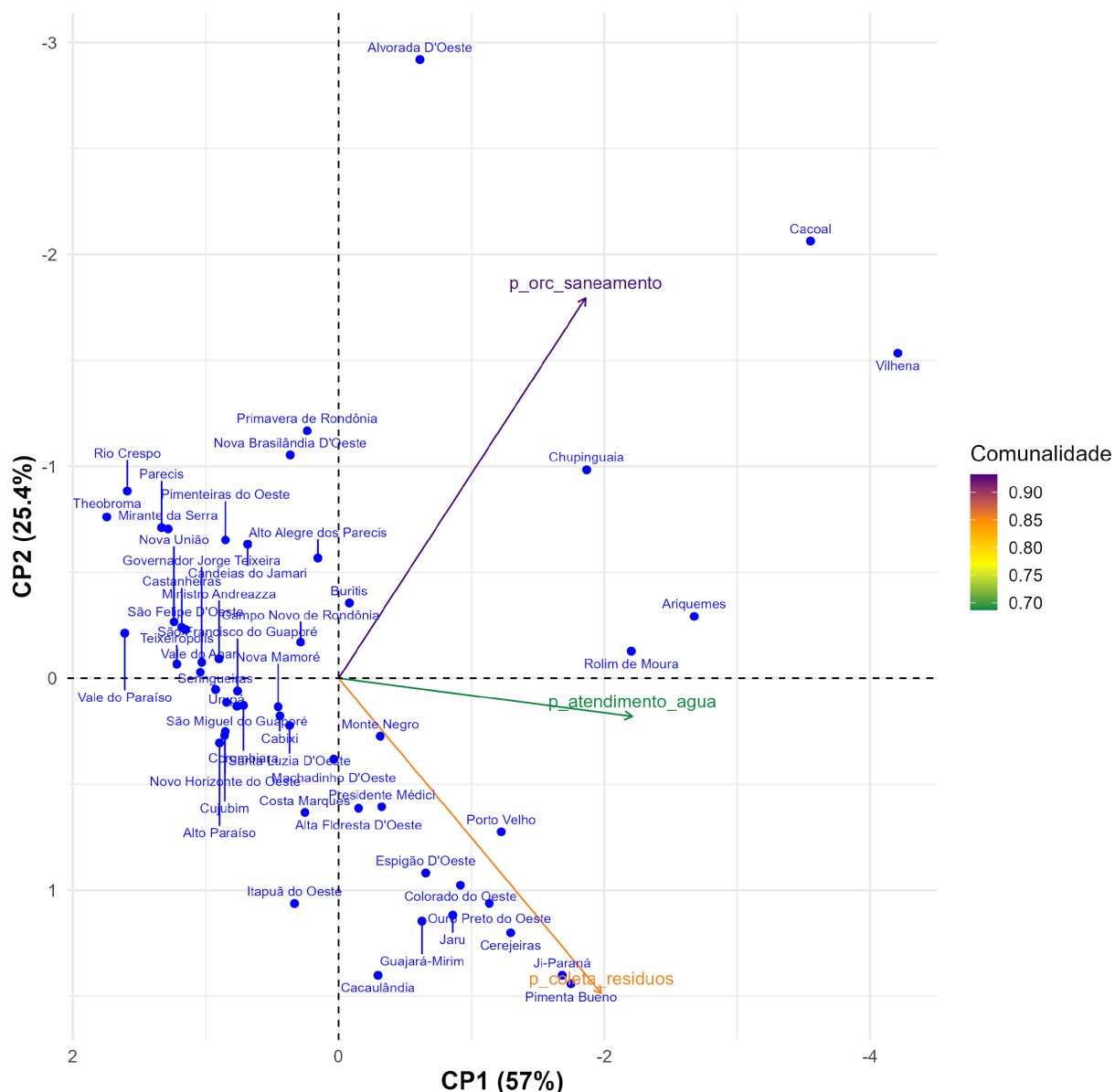
Variável	CP1 (50,61%)	CP2 (34,92%)	Comunalidades
p_atendimento_agua	0,81	0,18	0,69
p_coleta_residuos	0,81	-0,31	0,75
p_orc_saneamento	0,15	0,96	0,94

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

O CP1 capta a infraestrutura de saneamento com cargas elevadas para atendimento de água (0,81) e coleta de resíduos (0,81), enquanto o CP2 capta predominantemente o esforço orçamentário em saneamento (0,96). A estrutura fatorial revela que cobertura de serviços e investimento orçamentário constituem dimensões

distintas, o que é relevante para o desenho de políticas que incentivem tanto a prestação de serviços quanto o investimento.

Figura 5: *Biplot ACP (Dimensão Saneamento)*

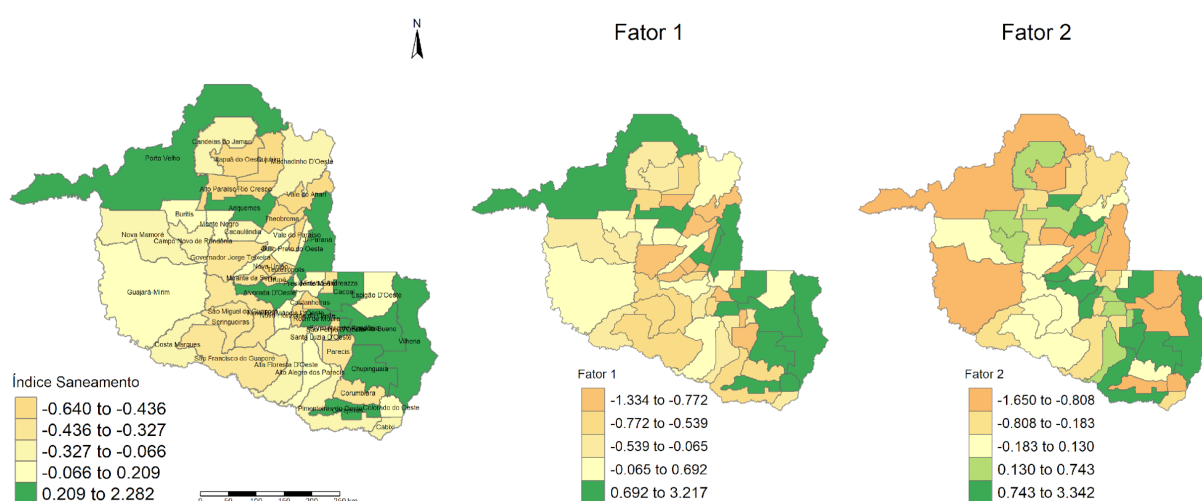


Fonte: Elaborado pelos autores (2026) a partir do Rstudio

A análise do biplot revela precariedade generalizada no saneamento do Estado. O quadrante superior direito concentra os poucos municípios que combinam melhor cobertura de serviços com investimento orçamentário. A maioria dos municípios concentra-se nos quadrantes inferiores, evidenciando baixa cobertura de saneamento e investimento insuficiente.

No entanto, identificaram-se prováveis inconsistências nos dados do SNIS em relação à cobertura de coleta de resíduos e distribuição de água, conforme análise exploratória dos dados. A presença dessas anomalias sugere cautela na interpretação dos resultados dessa dimensão e indica necessidade de aprimoramento das bases de dados de saneamento para o Estado, o que corrobora diagnósticos anteriores sobre a deficiência de informações de saneamento na região Norte.

Figura 6: Mapas de desempenho no Índice SAN e Fatores 1 e 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2026) por meio do Rstudio

4.4. Discussão Integrada

A Tabela 8 sintetiza os resultados de adequação e variância explicada nas três dimensões.

Tabela 8: Síntese dos resultados da ACP por Dimensão

Indicador	Áreas Protegidas	Degradação	Saneamento
Nº de variáveis	4	4	3
Componentes retidos	2	2	2

Var. Acumulada (%)	84,75	89,11	85,53
KMO	Adequado	Adequado	Adequado
Bartlett (p-valor)	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Os resultados demonstram a viabilidade da avaliação multidimensional da gestão ambiental municipal em Rondônia por meio de ACP. As três dimensões apresentaram constructos estatisticamente validados, com variância explicada acumulada superior a 84% em todas, confirmando a adequação da técnica para redução dimensional e síntese informacional dos dados ambientais municipais.

A dimensão Áreas Protegidas superou a limitação do modelo vigente que considera apenas área de UC, ao incorporar terras indígenas, APPs e, principalmente, o grau de conservação das áreas protegidas medido pela formação florestal. Essa abordagem atende à crítica de que a mera existência de UC não garante sua consolidação ou cumprimento de objetivos, conforme reportado por Euclides e Magalhães (2006) e Conti, Irving e Antunes (2015).

A dimensão Degradação revelou padrão preocupante de concentração de municípios com alta degradação e baixo investimento ambiental, reforçando o paradoxo identificado por Tupiassu, Fadel e Gros (2019), no Estado do Pará: o modelo vigente pode compensar municípios com intensa degradação. A inclusão de variáveis de fluxo (desmatamento anual) e estoque (desmatamento acumulado) permite avaliação mais completa, conforme sugerido por Ferreira e Tupiassu (2017). A separação do esforço orçamentário

em componente próprio (CP2) indica que investimento e resultados ambientais são dimensões distintas, relevantes para políticas que reconheçam tanto esforços quanto resultados.

A dimensão Saneamento evidenciou precariedade generalizada, compatível com diagnósticos sobre a região Norte. No entanto, as inconsistências identificadas nos dados do SNIS demandam cautela. Apesar dessas limitações, a literatura indica que o saneamento ambiental é o critério mais consolidado e efetivo do ICMS Ecológico contemporâneo (Monte & Silva, 2009; Ferreira *et al.*, 2014), justificando esforços para aprimoramento das bases de dados no Estado.

Os constructos desenvolvidos representam ferramenta de avaliação sistêmica que permite análise por dimensão e consolidada, atendendo à necessidade de avaliação das políticas por meio de conjuntos abrangentes de indicadores (Stiglitz *et al.*, 2018). A metodologia é replicável e de baixo custo, baseando-se exclusivamente em dados disponíveis em bases públicas, dispensando criação de sistemas de monitoramento ou aplicação de questionários.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo avaliou a gestão ambiental dos 52 municípios de Rondônia por meio de Análise de Componentes Principais em três dimensões: Áreas Protegidas, Degradação e Saneamento.

A avaliação multidimensional da gestão ambiental municipal em Rondônia demonstra que a ACP constitui instrumento estatisticamente viável para subsidiar critérios ambientais de distribuição fiscal.

Na dimensão Áreas Protegidas, validou-se constructo bidimensional que captura tanto a proporção líquida de áreas protegidas (UCs, terras indígenas e APPs) quanto o grau de conservação medido pela formação florestal, superando a limitação do modelo vigente. A região do Vale do Guaporé destaca-se pelos melhores desempenhos, enquanto a região Central concentra os piores resultados.

Na dimensão Degradação, o constructo integrou variáveis de fluxo e estoque de desmatamento, queimadas e investimento orçamentário. Identificou-se padrão preocupante de concentração de municípios com alta degradação e baixo investimento ambiental, confirmando o paradoxo de compensação de municípios prioritários do MMA pelo modelo vigente.

Na dimensão Saneamento, evidenciou-se precariedade generalizada, embora inconsistências nos dados do SNIS demandem cautela na interpretação, a estrutura fatorial revelou que cobertura de serviços e investimento orçamentário constituem dimensões distintas.

Os resultados demonstram a viabilidade de avaliação multidimensional da gestão ambiental municipal com dados públicos e não onerosos, por meio de técnica estatística validada. Os constructos desenvolvidos podem subsidiar a reformulação do ICMS Ecológico rondoniense e servir como instrumento de diagnóstico da gestão ambiental municipal em contextos amazônicos.

Como limitação, destaca-se a anomalia estatística nos dados de saneamento. Sugere-se para estudos futuros a avaliação dos determinantes do investimento municipal nas funções 17 e 18, bem

como a consolidação dos índices parciais em índice ambiental sintético para simulação de modelos alternativos de distribuição de recursos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMADA, L. D.; MORET, A. S. **Revisão integrativa para aprimoramento e justiça distributiva do ICMS Ecológico rondoniense.** Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 19, n. 11, p. 1-20, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n11-067>. Acesso em: 23 maio 2026.

ARRETCHE, Marta. **Federalismo e políticas sociais no Brasil: problemas de coordenação e autonomia.** São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 17-26, 2004.

CASTRO, B. S.; YOUNG, C. E. F.; OLIVEIRA, T. V. M. **Instruments for coordinating the ecological ICMS in the legal Amazon: lessons learned for Brazil.** Ecological Economics, v. 215, 2024.

_____. **O ICMS Ecológico como uma política de incentivo dos gastos ambientais municipais.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 51, 2019.

CNJ – CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA. **Índice de Acesso à Justiça.** Brasília, DF: CNJ, 2021.

CONTI, B. R.; IRVING, M. A.; ANTUNES, D. C. **O ICMS-Ecológico e as Unidades de Conservação no estado do Rio de Janeiro.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 35, p. 241-258, 2015.

EUCLYDES, A. C. P.; MAGALHÃES, S. R. A. **A Área de Proteção Ambiental (APA) e o ICMS Ecológico em Minas Gerais.** Geografias, v. 2, n. 2, p. 39-55, 2006.

FADEL, L. P.; TUPIASSU, L.; GROS-DÉSORMEAUX, J.-R. O impacto do ICMS Verde nos municípios prioritários do estado do Pará. Novos Cadernos NAEA, v. 21, n. 2, p. 9-34, 2018.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de Análise de Dados.** São Paulo: GEN Atlas, 2025.

FERREIRA, L.; TUPIASSU, L. **O ICMS Ecológico como forma de pagamento por serviços ambientais aos municípios paraenses.** Revista da Faculdade de Direito da UFG, v. 41, n. 2, p. 87-109, 2017.

FERREIRA, S. A. *et al.* **Impacto do ICMS Ecológico nos investimentos em saneamento e gestão ambiental: análise dos municípios do estado do Rio de Janeiro.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE (ENGEMA), 16., 2014, São Paulo. Anais [...]. São Paulo, 2014.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. **Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade.** Ambiente & Sociedade, v. 12, n. 2, p. 307-323, 2009.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

IMAZON. **Unidades de Conservação mais desmatadas da Amazônia Legal (2012-2015).**

Belém: Imazon, 2017. Disponível em: <https://imazon.org.br>. Acesso em: 23 maio 2026.

LAFFONT, J. J.; MARTIMORT, D. The theory of incentives: the principal-agent model. Princeton: Princeton University Press, 2002.

LUI, L.; ASSUNÇÃO, P. **O ICMS Ecológico como instrumento de política ambiental no Brasil.** Revista Direito GV, v. 20, e2417, 2024.

MONTE, M. A.; SILVA, M. L. **Análise do repasse do ICMS Ecológico aos municípios do estado de Minas Gerais.** Cerne, v. 15, n. 4, p. 391-397, 2009.

NARDO, M. *et al.* **Handbook on constructing composite indicators.** Paris: OECD Publishing, 2008.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Nota técnica: nova metodologia do cálculo do ICMS Verde.** Belém: SEMAS, 2020.

PIERSON, P. **Increasing returns, path dependence, and the study of politics.** American Political Science Review, v. 94, n. 2, p. 251-267, 2000.

RING, I. **Integrating local ecological services into intergovernmental fiscal transfers: the case of the ecological ICMS in Brazil.** Land Use Policy, v. 25, n. 4, p. 485-497, 2008.

SIENA, O. *et al.* **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos.** Porto Velho: UNIR, 2025.

SINGH, R. K. *et al.* **An overview of sustainability assessment methodologies.** Ecological Indicators, v. 9, n. 2, p. 189-212, 2009.

STIGLITZ, J. E.; FITOUSSI, J. P.; DURAND, M. B. **Beyond GDP: measuring what counts for economic and social performance.** Paris: OECD, 2018.

TUPIASSU, L.; FADEL, L. P.; GROS-DÉSORMEAUX, J.-R. **ICMS Ecológico e desmatamento nos municípios prioritários do estado do Pará.** Novos Cadernos NAEA, v. 22, n. 2, p. 45-70, 2019.

¹ Discente do Programa Institucional de Pós-Graduação Stricto Sensu em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (PGDRA), da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus Porto Velho, Rondônia. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Discente do Curso de Doutorado em Administração de Empresas da Facultad Interamericana de Ciencias Sociales, Assunção, Paraguai. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Discente do Curso de Direito da Faculdade FARO, Campus Porto Velho, Rondônia. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)