

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS - DEECO

**Formação de cluster de setores intensivos em tecnologia e seu efeito no
desenvolvimento econômico de microrregiões mineiras.**

Tiago Gonçalves Fernandes de Souza

Tiago Gonçalves Fernandes de Souza

Formação de cluster de setores intensivos em tecnologia e seu efeito no desenvolvimento econômico de microrregiões mineiras.

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas. Orientador(a): Prof. Dr. Francisco Horácio Pereira de Oliveira.

Mariana

DEECO/ICSA/UFOP

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S729f Souza, Tiago Goncalves Fernandes De.

Formação de Cluster de setores intensivos em tecnologia e seu efeito no desenvolvimento econômico de microrregiões mineiras. [manuscrito] / Tiago Goncalves Fernandes De Souza. - 2025.

42 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Francisco Horacio Pereira De Oliveira.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Ciências Econômicas .

1. Análise espacial (Estatística). 2. Automação - Aspectos econômicos. 3. Cluster (Sistema de computador). 4. Desenvolvimento econômico - Minas Gerais. 5. Produtos novos. I. Oliveira, Francisco Horacio Pereira De. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 005.591.6(815.1)

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter De Sousa - Bibliotecário Coordenador
CBICSA/SISBIN/UFOP-CRB6a1407



FOLHA DE APROVAÇÃO

Tiago Gonçalves Fernandes de Souza

Formação de cluster de setores intensivos em tecnologia e seu efeito no desenvolvimento econômico de microrregiões mineiras.

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas

Aprovada em 02 de abril de 2025

Membros da banca

Doutor em Economia - Francisco Horácio Pereira de Oliveira - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor em Economia - André Mourthe de Oliveira - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutor em História Econômica - Daniel do Val Cosentino - Universidade Federal de Ouro Preto

Francisco Horácio Pereira de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/04/2025



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Horacio Pereira de Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/04/2025, às 09:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0894490** e o código CRC **0D2ECD5D**.

Resumo

Este trabalho investiga a dinâmica dos clusters de setores de alta intensidade tecnológica em Minas Gerais e avalia seus impactos no desenvolvimento econômico regional. Inicialmente, discute-se a importância da inovação e dos Sistemas Regionais de Inovação (SRIs) para fomentar a competitividade, ressaltando o papel das políticas públicas e de instituições como o BNDES e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) no estímulo à inovação no Brasil. Em seguida, aborda-se a estrutura heterogênea das microrregiões mineiras, caracterizadas por diferentes níveis de desenvolvimento e pela presença de setores de alta tecnologia em pontos específicos. A metodologia adotada combina análise espacial – por meio do Índice de Moran e dos Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) – com variáveis que expressam a dimensão econômica e o alcance social das atividades intensivas em conhecimento: número absoluto de empregados, proporção de empregos e renda média mensal. Essas técnicas permitem identificar padrões de autocorrelação espacial e evidenciar clusters nos quais a concentração de setores de alta tecnologia pode potencializar a criação de conhecimento, a atração de investimentos e a geração de emprego qualificado. Os resultados incluem o mapeamento dos clusters tecnológicos e a análise de sua correlação com indicadores socioeconômicos, apontando microrregiões em que a especialização em setores de alta intensidade tecnológica se correlaciona ao crescimento econômico e à melhoria dos níveis de renda. Por fim, o estudo discute implicações para a formulação de políticas públicas, sugerindo que ações direcionadas ao fortalecimento de clusters tecnológicos podem contribuir para a redução de desigualdades regionais e a consolidação de um ecossistema de inovação mais robusto em Minas Gerais.

Palavras-chave: Inovação; Clusters de alta tecnologia; Análise espacial; Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA); Índice de Moran; Políticas públicas.

Abstract

This study investigates the dynamics of high-technology clusters in the state of Minas Gerais and assesses their impact on regional economic development. Initially, it discusses the importance of innovation and Regional Innovation Systems (RIS) in fostering competitiveness, highlighting the role of public policies and institutions such as the Brazilian National Development Bank (BNDES) and the National Council for Industrial Development (CNDI) in promoting innovation. The analysis then focuses on the heterogeneous structure of the state's micro-regions, characterized by varying levels of development and by the presence of high-tech sectors in specific locations. The methodology combines spatial analysis—using the Moran's I and Local Indicators of Spatial Association (LISA)—with variables that capture both the economic dimension and social reach of knowledge-intensive activities, namely total number of employees, proportion of employment, and average monthly wages. These techniques enable the identification of spatial autocorrelation patterns and help unveil clusters, where the concentration of high-technology sectors potentially boosts knowledge creation, investment attraction, and the generation of skilled employment. The results include a mapping of high-tech clusters and an examination of their correlation with socioeconomic indicators, revealing micro-regions in which the specialization in high-technology sectors correlates with economic growth and rising income levels. The study concludes by discussing implications for public policy formulation, suggesting that targeted measures to strengthen technological clusters may contribute to reducing regional inequalities and consolidating a more robust innovation ecosystem in Minas Gerais.

Keywords: Innovation; High-technology clusters; Spatial analysis; Local Indicators of Spatial Association (LISA); Moran's I; Public policies.

SUMÁRIO:

	Introdução	6
1.	Sistemas Regionais de Inovação	7
1.1.	Inovação, Sistemas Regionais de Inovação e o Papel das Políticas Públicas no Desenvolvimento Econômico	7
1.2.	Sistemas de cluster	8
1.3.	Microrregiões de Minas Gerais: Clusters, Intensidade Tecnológica e Desenvolvimento Regional	10
1.4.	Conclusão e problemática da pesquisa	11
	Metodologia	12
2.1.	Revisão Conceitual do Índice de Moran e do LISA	12
2.2.	Variáveis e bases de dados	14
2.	Mapeamento dos Clusters e Análises dos setores de Alta intensidade Tecnológica	15
3.1.	I de Moran e mapeamento LISA	16
3.2.	Clusterização de setores de Alta Tecnologia	17
3.3.	evolução dos indicadores ao longo do tempo para o cluster industrial do sul de minas	23
3.4.	Região Metropolitana de Belo Horizonte: Descritivas ao longo do tempo	28
3.5.	Comparação entre o Sul de Minas e a RMBH: convergências, divergências e impactos para a economia de Minas Gerais	33
3.	Conclusão e Considerações finais	36
4.1.	Síntese dos Principais Resultados	36
4.2.	Reflexões sobre Políticas Públicas e Desafios	37
4.3.	Limitações e Perspectivas de Pesquisas Futuras	37
4.4.	Considerações Finais	38
	Referências	39

INTRODUÇÃO

A busca pelo desenvolvimento econômico sustentável tem destacado a inovação como fator decisivo para impulsionar a competitividade e a geração de valor nas economias contemporâneas (SCHUMPETER, 1982; FREEMAN, 1982). Em particular, os setores de alta intensidade tecnológica despontam como ambientes privilegiados para a criação de conhecimento, atração de investimentos e elevação dos níveis de emprego qualificado (TIDD et al., 2001; COOKE, 2001). Nesse contexto, a formação de clusters, entendidos como concentrações geográficas de empresas e instituições atuando de forma interligada (PORTER, 1990), adquire relevância estratégica, pois potencializa a troca de informações, a colaboração em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a difusão de inovações (AUDRETSCH; FELDMAN, 1996; OCDE, 2005).

Em Minas Gerais, a diversidade socioeconômica e a heterogeneidade das microrregiões oferecem um cenário oportuno para investigar em que medida os clusters de alta tecnologia contribuem para o desenvolvimento regional (FIGUEIREDO et al., 2010; RIOBALDO, 2023). O presente estudo concentra-se na identificação e análise desses clusters, avaliando variáveis como o número absoluto de empregados, a proporção de emprego em setores tecnológicos e a renda média mensal. Para isso, empregam-se ferramentas de análise espacial, como o Índice de Moran e os Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA), que permitem delinear padrões de autocorrelação espacial e localizar aglomerações significativas de atividades intensivas em conhecimento (MORAN, 1950; ANSELIN, 1995).

A partir dessa abordagem, busca-se responder à questão central de como a concentração de setores de alta intensidade tecnológica se relaciona aos níveis de emprego, renda e competitividade das microrregiões mineiras. Os resultados obtidos podem subsidiar a formulação de políticas públicas e estratégias institucionais voltadas à promoção de um ecossistema de inovação mais robusto, contribuindo para a redução de desigualdades e o fortalecimento do desenvolvimento econômico local.

1. Sistemas regionais de inovação

1.1. Inovação, Sistemas Regionais de Inovação e o Papel das Políticas Públicas no Desenvolvimento Econômico

A inovação desempenha um papel crucial na transformação de processos produtivos, mercados e estruturas organizacionais, sendo reconhecida como um motor fundamental do desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1982; FREEMAN, 1982; PORTER, 1990). Indo além da simples introdução de novos produtos ou serviços, a inovação abrange mudanças em métodos de produção, exploração de novos mercados, desenvolvimento de novas fontes de matérias-primas e reconfigurações na organização empresarial, impulsionando competitividade e crescimento (OCDE, 2005; TIDD, BESSANT; PAVITT, 2001). Esse processo, caracterizado por rupturas no equilíbrio econômico e pela criação de trajetórias tecnológicas (DOSI, 1982), resulta da interação de fatores como investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), a disponibilidade de capital humano e a existência de um ambiente institucional favorável (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997; COOKE, 2001).

No contexto recente, marcado pela Indústria 4.0, a convergência de tecnologias digitais (por exemplo, Internet das Coisas, inteligência artificial e big data) intensifica a relevância da inovação e exige maior capacidade de adaptação a novos modelos de produção e consumo (VERMULM et al., 2018; POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL, 2018). A existência de Sistemas Regionais de Inovação (SRIs) reforça essa capacidade de inovar, fundamental para a sobrevivência e o crescimento das empresas em ambientes competitivos (TIDD, 2001). Os SRIs promovem o desenvolvimento econômico local por meio da interação entre empresas, instituições de pesquisa, governo e outros atores, facilitando a troca de informações, a colaboração em projetos de P&D e a transferência de tecnologia (AUDRETSCH; FELDMAN, 1996; ASHEIM; ISAKSEN, 2002; GARCIA et al., 2022). Além disso, a eficiência dos SRIs depende de fatores como infraestrutura, acesso a financiamento, políticas públicas de apoio e disponibilidade de mão de obra qualificada (RIOBALDO, 2023). Em Minas Gerais, por exemplo, a heterogeneidade das microrregiões em termos de capacidade inovativa evidencia a importância de se considerar especificidades locais ao se formular tais políticas.

A atuação de instituições como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) é fundamental no fomento à inovação e ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. Entre 2010 e 2022, o BNDES, por meio de linhas de financiamento específicas, apoiou projetos de

modernização tecnológica em diversos setores, com destaque para programas voltados à adoção de tecnologias digitais avançadas (BNDES, 2015; VERMULM et al., 2018). Além do apoio financeiro, o BNDES incentiva estudos e pesquisas que subsidiam políticas públicas e disseminam conhecimento. Já o CNDI, responsável pela formulação de políticas de desenvolvimento industrial que promovam a inovação, competitividade e sustentabilidade, elaborou estratégias para o fortalecimento do Sistema Nacional de Inovação (CNDI, 2020). O Plano Nacional de Inovação (PNI), por exemplo, estabelece metas para o desenvolvimento científico, tecnológico e inovativo do país, buscando fortalecer a cooperação entre universidades, centros de pesquisa e setor produtivo.

Observa-se, portanto, que a inovação não é um evento isolado, mas um processo contínuo e sistemático, apoiado por um ecossistema de atores, políticas públicas e instituições (TIDD et al., 2001; GARCIA et al., 2022). Nesse sentido, os SRIs e a ação de órgãos como o BNDES e o CNDI desempenham um papel estruturante no desenvolvimento econômico regional e nacional, especialmente em setores de alta intensidade tecnológica, em que a combinação de conhecimento avançado, investimentos robustos em P&D e políticas de incentivo permite ampliar competitividade e promover trajetórias de crescimento de longo prazo.

1.2. Sistemas de cluster

O conceito de cluster, amplamente estudado por pesquisadores de diversas áreas, refere-se à concentração geográfica de empresas interconectadas, instituições especializadas, fornecedores, prestadores de serviços e organizações afins em um determinado campo (PORTER, 1990; MARTIN; SUNLEY, 2003). Esses arranjos produtivos locais (APLs), como também são conhecidos, operam em setores específicos e se caracterizam por interação, cooperação e competição entre seus agentes, fomentando o desenvolvimento econômico regional (CASSIOLATO; LASTRES, 2003). Essa dinâmica, marcada pela proximidade geográfica, estimula a inovação, aumenta a competitividade, facilita o acesso a recursos especializados — como capital humano e infraestrutura tecnológica (AUDRETSCH; FELDMAN, 1996) — e promove o desenvolvimento de competências regionais singulares (OLIVEIRA; RAMOS, 2018; GARCIA et al., 2022). Além disso, a difusão de conhecimento tácito, fundamental para processos inovativos (NONAKA; TAKEUCHI, 1995), e o aprendizado interativo contribuem para a formação de ambientes propícios à inovação e ao crescimento econômico (ASHEIM; ISAKSEN, 2002). No contexto brasileiro, a relevância dos clusters na promoção do desenvolvimento regional é amplamente reconhecida, com destaque para políticas públicas orientadas à consolidação desses arranjos (LASTRES; CASSIOLATO, 2003).

Neste trabalho, a análise de clusters centra-se na identificação de concentrações geográficas de setores de alta intensidade tecnológica em Minas Gerais. A classificação de intensidade tecnológica está fundamentada na metodologia da OCDE (2016), que categoriza setores industriais e de serviços conforme a proporção de gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em relação ao valor adicionado bruto (HATZICHRONOGLOU, 1997; MORCEIRO, 2019). Essa abordagem permite identificar setores com maior propensão à inovação e ao desenvolvimento tecnológico (OCDE, 2005), sendo bastante utilizada em estudos sobre a dinâmica da inovação (PISANO; TEECE, 1997). No contexto de Minas Gerais, a ênfase recai na análise de setores de alta intensidade tecnológica, nos quais a presença de conhecimento avançado e investimentos robustos em P&D tendem a impulsionar a formação de clusters inovadores e a ampliar a competitividade regional (FLORIDA, 2002; RIOBALDO, 2023).

Para caracterizar a dinâmica desses clusters de alta intensidade tecnológica, utiliza-se um conjunto de variáveis que capturam diferentes dimensões do desenvolvimento regional. O número absoluto de empregados em setores de alta tecnologia reflete a capacidade de absorção de mão de obra qualificada, aspecto crucial para a consolidação de aglomerações inovadoras (MALECKI, 1991). A proporção de empregados em relação ao total de empregados formais na microrregião controla o tamanho da economia local e identifica áreas em que os setores de alta tecnologia têm maior representatividade na estrutura produtiva, sinalizando especialização tecnológica (FURTADO; CARVALHO, 2006) e potencial de inovação (OCDE, 2001). Já a renda média mensal nesses setores constitui indicador da remuneração do trabalho qualificado (FLORIDA, 2002) e mede a capacidade de atração e retenção de talentos, além de se relacionar ao dinamismo econômico e à geração de riqueza (TIDD, 2001).

A análise conjunta dessas variáveis permite compreender a formação e o impacto dos clusters tecnológicos no desenvolvimento regional, alinhando-se a estudos que investigam a correlação entre aglomerações de alta tecnologia, inovação e crescimento econômico (MARTIN; SUNLEY, 2003; GARCIA et al., 2022). No contexto mineiro, pesquisas como a de Riobaldo (2023) ressaltam a importância de observar a heterogeneidade das microrregiões em termos de capacidade tecnológica e desenvolvimento. A aplicação de métodos de estatística espacial, como o Índice de Moran e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA), torna possível identificar padrões de concentração geográfica, além de avaliar as implicações dessas concentrações para a competitividade e para a formulação de políticas de inovação voltadas às especificidades regionais de Minas Gerais.

1.3. Microrregiões de Minas Gerais: Clusters, Intensidade Tecnológica e Desenvolvimento Regional

As seções anteriores destacaram o papel da inovação e dos Sistemas Regionais de Inovação (SRIs) no desenvolvimento econômico, bem como a relevância de instituições como o BNDES e o CNDI no fomento à inovação no Brasil. Este subcapítulo concentra-se na dinâmica das microrregiões de Minas Gerais, buscando identificar clusters de alta intensidade tecnológica e investigar como tais aglomerações podem impulsionar o desenvolvimento regional. A economia mineira apresenta elevada heterogeneidade, com microrregiões especializadas em diferentes setores e distintos níveis de desenvolvimento (FIGUEIREDO et al., 2010; PEROBELLI et al., 2013); por isso, faz-se necessária uma análise espacial sensível às especificidades de cada localidade.

A concentração geográfica de empresas, instituições de pesquisa, fornecedores e demais atores em determinado setor — configurando sistemas de clusters (PORTER, 1990; CASSIOLATO; LASTRES, 2003) — pode gerar spillovers de conhecimento e externalidades positivas (AUDRETSCH; FELDMAN, 1996; BAUMOL, 2002), criando um ambiente que favorece a inovação e o crescimento econômico (OLIVEIRA; RAMOS, 2018; TIDD et al., 2001). No contexto de Minas Gerais, o foco recai na identificação de concentrações geográficas em setores de alta intensidade tecnológica, classificados com base em metodologias como a da OCDE (HATZICHRONOGLU, 1997; OCDE, 2016), segundo a qual a intensidade em P&D (proporção de gastos em P&D em relação ao valor adicionado bruto) é a principal métrica para determinar a propensão de um setor à inovação (OCDE, 2005; MORCEIRO, 2019).

Para analisar a dinâmica desses clusters, elegem-se variáveis capazes de capturar diferentes dimensões do processo de desenvolvimento regional, a saber: (i) o total de empregados em setores de alta tecnologia, que reflete a capacidade de absorção de mão de obra qualificada (MALECKI, 1991); (ii) a proporção de empregados em relação ao total de empregados formais na microrregião, indicador de especialização e potencial de inovação (FURTADO; CARVALHO, 2006; OCDE, 2001); e (iii) a renda média mensal desses setores, associada tanto à remuneração do trabalho qualificado e à retenção de talentos (FLORIDA, 2002) quanto ao dinamismo econômico (MARTIN; SUNLEY, 2003; RIOBALDO, 2023).

Ao concentrar o exame exclusivamente em setores de alta intensidade tecnológica, busca-se compreender como tais aglomerações podem potencializar a inovação e o crescimento econômico baseado em conhecimento (PISANO; TEECE, 1997; TEECE; PISANO; SHUEN, 1997). O uso de métodos de estatística espacial, como o Índice de Moran e o Indicador Local de Associação Espacial (LISA), permite verificar a existência de padrões

de concentração geográfica e avaliar suas implicações para o desenvolvimento regional mineiro, contribuindo para o debate acerca de políticas de inovação (COOKE, 2001; SU ZIGUANG et al., 2009). Dessa forma, a identificação de clusters tecnológicos e a compreensão de sua dinâmica tornam-se fundamentais para orientar políticas públicas que visem a promover o crescimento econômico sustentável e inclusivo, respeitando as particularidades e o potencial de cada microrregião.

1.4. Conclusão e problemática da pesquisa

Nos capítulos anteriores, discutiu-se a relevância da inovação e dos Sistemas Regionais de Inovação (SRIs) para o desenvolvimento econômico, evidenciando o papel de políticas públicas e a atuação de instituições como o BNDES e o CNDI no estímulo à inovação no Brasil. A análise também considerou a complexa estrutura regional de Minas Gerais, caracterizada por microrregiões com diferentes níveis de desenvolvimento e especializações produtivas, incluindo a presença de setores de alta intensidade tecnológica em determinados locais. Neste contexto, o presente estudo propõe investigar a dinâmica dos clusters tecnológicos em Minas Gerais, examinando sua correlação com o desenvolvimento regional e os impactos na formulação de políticas públicas (COOKE, 2001; GARCIA et al., 2022).

A pesquisa busca compreender como a concentração geográfica de empresas, instituições e outros atores relevantes em setores de alta intensidade tecnológica contribui para o desenvolvimento econômico das microrregiões mineiras. Nesse sentido, a análise descreve e distribui espacialmente o total de empregados formais nesses setores, a proporção de pessoas empregadas em relação ao total de trabalhadores formais na microrregião e a renda média mensal — indicadores que, em conjunto, podem revelar a capacidade de gerar empregos qualificados, elevar a renda e reduzir desigualdades regionais (TIDD, 2001; FLORIDA, 2002).

Assim, a problemática da pesquisa consiste em investigar a relação entre a presença de clusters de alta intensidade tecnológica e indicadores socioeconômicos, buscando responder à pergunta: Qual o impacto da formação desses clusters no desenvolvimento socioeconômico das microrregiões de Minas Gerais? Para tanto, a abordagem metodológica combina análise espacial — por meio do Índice de Moran e do LISA — com uma análise descritiva dos indicadores de emprego e renda. No Capítulo 2, serão apresentados os procedimentos de coleta e tratamento dos dados, bem como a construção da matriz de pesos espaciais e a descrição das variáveis de interesse. O Capítulo 3 apresentará a análise empírica, identificando e mapeando os clusters tecnológicos em Minas Gerais e relacionando-os com os indicadores socioeconômicos selecionados. Por fim, o Capítulo 4

discutirá as conclusões, suas implicações para as políticas públicas de inovação e as perspectivas para futuras pesquisas.

2. Metodologia

Esta seção descreve as etapas e técnicas empregadas para identificar e analisar a formação de clusters de setores de alta intensidade tecnológica, utilizando o Índice de Moran (MORAN, 1950) e os Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) (ANSELIN, 1995). Ambas as ferramentas são amplamente reconhecidas na análise espacial, pois permitem mensurar o grau de autocorrelação espacial entre variáveis de interesse e revelar padrões locais de concentração ou dispersão (CLIFF; ORD, 1981). O presente capítulo apresenta a fundamentação conceitual dos métodos, a justificativa de seu uso no contexto da alta intensidade tecnológica e a maneira como se aplicam ao caso de Minas Gerais.

2.1 Revisão Conceitual do Índice de Moran e do LISA

O Índice de Moran constitui um indicador global de autocorrelação espacial (MORAN, 1950). De modo geral, ele verifica se as áreas geográficas (ou setores, conforme o escopo deste estudo) com valores elevados ou reduzidos de determinada variável tendem a se agrupar no espaço ou se estão distribuídas de forma aleatória. Quando o valor do Índice de Moran se aproxima de 1, sugere forte autocorrelação espacial positiva, isto é, a formação de aglomerações de valores semelhantes; quando próximo de -1, indica autocorrelação espacial negativa, isto é, a aproximação espacial de valores distintos (CLIFF; ORD, 1981). Valores próximos de 0 sugerem ausência de padrão espacial (distribuição aleatória).

No contexto deste estudo, as variáveis de interesse serão avaliadas no período de 2010 e 2022, permitindo comparar a evolução temporal dos clusters de alta intensidade tecnológica. Os valores calculados de I de Moran para emprego absoluto, proporção de emprego em setores de alta intensidade e renda média mensal serão interpretados à luz desse intervalo, explicitando a intensidade e a direção da autocorrelação espacial observada. A significância estatística do Índice de Moran será verificada por meio de testes de hipótese, adotando-se como nula a hipótese de inexistência de autocorrelação espacial (ANSELIN, 1995). Os resultados obtidos, acompanhados do p-valor associado, indicarão se as concentrações identificadas ocorrem de forma não aleatória.

Para complementar a análise global do Índice de Moran, empregam-se os Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) (ANSELIN, 1995), que oferecem uma perspectiva

local. Enquanto o I de Moran avalia a correlação espacial média no conjunto das microrregiões, o LISA permite localizar pontos quentes (clusters de alto valor), pontos frios (clusters de baixo valor) e regiões de transição, onde valores distintos se encontram adjacentes (CLIFF; ORD, 1981; ANSELIN, 1995). Essa abordagem é especialmente relevante para identificar clusters locais de alta intensidade tecnológica, mesmo quando a autocorrelação espacial média seja baixa ou aparentemente nula (TIDD, 2001; COOKE, 2001).

A identificação de clusters neste estudo baseia-se em valores significativamente elevados (ou baixos) para cada variável de interesse — emprego, proporção de emprego e renda média mensal em setores de alta intensidade tecnológica — conforme apontado pelo LISA (ANSELIN, 1995). Cada cluster detectado será classificado segundo os padrões Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto, garantindo uma visão detalhada da configuração espacial. A matriz de vizinhança utilizada para o cálculo do LISA será a mesma do I de Moran, assegurando consistência e comparabilidade na análise. O índice segue com base a equação abaixo:

$$I = \frac{n}{S_o} \cdot \frac{z'Wz}{z'z}$$

Sendo: n o número de regiões envolvidas na análise

S_o a ponderação utilizada

z é o vetor de observações da variável de interesse

W é uma matriz quadrada de tamanho n , tal que, w_{ij} são células binárias sendo 1 caso

a região i seja vizinha geograficamente de j e 0 caso contrário.

O emprego dos Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) (ANSELIN, 1995) justifica-se pela necessidade de identificar clusters locais de alta intensidade tecnológica, mesmo quando o Índice de Moran global sugira baixo nível de autocorrelação espacial (CLIFF; ORD, 1981). Assim, ainda que o resultado global aponte para uma distribuição espacial aparentemente aleatória, setores geograficamente concentrados podem formar pontos quentes (alto valor) ou pontos frios (baixo valor) que contribuam para a compreensão da heterogeneidade espacial no desenvolvimento de atividades inovativas (TIDD, 2001; COOKE, 2001). O LISA, ao analisar a correlação de cada microrregião com seus vizinhos imediatos, diferencia ainda outliers — regiões que apresentam valores extremos não compatíveis com o padrão espacial predominante.

Neste estudo, define-se cluster como um conjunto de microrregiões geograficamente contíguas que exibem valores significativamente altos ou baixos para as variáveis de interesse — emprego, proporção de emprego ou renda em setores de alta intensidade

tecnológica — tal como identificado pelo LISA (ANSELIN, 1995). A significância estatística desses clusters é aferida por meio do p-valor de cada indicador local. Além disso, consideram-se os tipos de associação espacial identificados pelo LISA (Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto) para caracterizar sua dinâmica espacial. A mesma matriz de vizinhança (matriz rainha) utilizada no cálculo do Índice de Moran é adotada para o LISA, assegurando consistência metodológica na análise (CLIFF; ORD, 1981).

A aplicação conjunta do Índice de Moran e do LISA possibilita compreender não apenas o padrão geral de concentração ou dispersão, mas também os focos locais de aglomeração de atividades intensivas em tecnologia, identificando polos de inovação e dinamismo trabalhista (BORJAS, 2016; FREEMAN, 1982). A adoção de tais métodos estatísticos, aliada à consideração das especificidades regionais, oferece uma base sólida para formular políticas públicas voltadas à redução de desigualdades regionais e à promoção de setores de alta intensidade tecnológica (TIDD, 1995; COOKE, 2001).

Nesse sentido, a investigação proposta neste estudo alinha-se à perspectiva de análise espacial com as abordagens de inovação e desenvolvimento regional, contribuindo para o debate acadêmico e para a definição de estratégias de fortalecimento tecnológico e econômico em Minas Gerais.

A escolha da matriz de pesos espaciais define como a proximidade entre microrregiões é modelada estatisticamente. Neste trabalho, adota-se a matriz rainha, que considera duas microrregiões vizinhas quando elas compartilham ao menos um vértice ou fronteira em comum. Esse critério de vizinhança é mais abrangente, pois captura as relações espaciais ainda que a contiguidade seja mínima (CLIFF; ORD, 1981).

A matriz rainha é representada por W na equação do I de Moran, onde $w_{ij} = 1$ se as regiões i e j são vizinhas, e $w_{ij} = 0$ caso contrário. A utilização da matriz rainha permite que o I de Moran e o LISA capturem a autocorrelação espacial de forma mais sensível, considerando as interações entre microrregiões com diferentes graus de proximidade.

2.2. Variáveis e bases de dados

A investigação foca na análise espacial de setores de alta intensidade tecnológica, e foram selecionadas variáveis que permitem capturar tanto a dimensão econômica quanto o alcance social e inovativo dessas atividades (TIDD, 2001). São elas:

Total de Empregados: Reflete o porte desses setores nas microrregiões e sua capacidade de absorver mão de obra qualificada (MALECKI, 1991).

Proporção de Empregados (setores de alta tecnologia em relação ao total de empregos formais): Controla pelo tamanho da economia local, evidenciando especialização tecnológica e potencial de inovação (OCDE, 2001; FURTADO; CARVALHO, 2006).

Renda Média Mensal: Mede a remuneração do trabalho qualificado, retratando a atratividade desses setores para profissionais especializados (FLORIDA, 2002), bem como o dinamismo econômico e a geração de riqueza (MARTIN; SUNLEY, 2003).

Variável	Fonte
Total de empregados	Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)
Proporção de empregados	Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)
Renda Média	Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)

Os procedimentos metodológicos descritos neste capítulo — incluindo a revisão dos indicadores globais e locais de autocorrelação espacial (I de Moran e LISA), a definição de clusters e a escolha das variáveis (emprego absoluto, proporção de empregos e renda média mensal em setores de alta intensidade tecnológica) — fornecem uma base analítica sólida para o estudo da dinâmica regional em Minas Gerais. Ao considerar tanto a dimensão absoluta quanto a concentração relativa de empregos, bem como o nível de remuneração nesses setores, torna-se possível investigar em que medida as microrregiões apresentam focos de inovação e potencial de desenvolvimento econômico.

No próximo capítulo (Capítulo 3), serão apresentados os resultados do mapeamento dos clusters identificados por meio do I de Moran e do LISA, bem como as análises descritivas dos indicadores de emprego e renda nos setores de alta intensidade tecnológica. Essa análise empírica possibilitará observar onde se formam aglomerações tecnológicas significativas, além de avaliar suas implicações socioeconômicas e seus potenciais efeitos sobre a competitividade e o desenvolvimento regional mineiro.

3. MAPEAMENTO DOS CLUSTERS E ANÁLISES DOS SETORES DE ALTA INTENSIDADE TECNOLÓGICA

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma análise descritiva das variáveis relacionadas à renda e ao emprego (proporcional e total) nos setores de alta intensidade tecnológica, bem como apresentar o índice de Moran calculado e o mapeamento dos clusters em 2010 e 2022. A posteriori, a análise descritiva das variáveis de interesse será utilizada como um artifício auxiliar para discutir as variações na cadeia produtiva ao longo da última década. A adoção de estatísticas descritivas permite uma compreensão inicial dos padrões e tendências, facilitando a identificação de possíveis disparidades regionais e setoriais (HAIR

et al., 2009; MALHOTRA, 2011). Além disso, a descrição detalhada dos indicadores traz subsídios para a elaboração de políticas que promovam tanto a expansão da mão de obra especializada quanto o fortalecimento de atividades inovadoras (FREEMAN, 1982; NELSON; WINTER, 1982).

Embora as análises econométricas aprofundadas possam revelar relações de causalidade, a abordagem descritiva fornece um panorama imediato e confiável das transformações ocorridas.

3.1 I de Moran e mapeamento LISA

Como abordado anteriormente, a análise do Índice de Moran neste trabalho foi calculada para três variáveis de interesse, para os anos de 2010 e 2022, no agregado de setores CNAE que compõem as divisões de alta intensidade tecnológica. Sendo elas: (i) número absoluto de empregados em cada divisão ("emp"); (ii) proporção do número absoluto de empregados em cada divisão em razão do total de empregados formais na microrregião ("proporcao_emp"); (iii) renda média mensal a preços correntes de cada divisão ("renda"). Os resultados do Índice de Moran para cada setor e ano são apresentados nas Tabelas 1 a 4.

Para o setor de alta tecnologia em 2010 (Tabela 1), o número absoluto de empregos não apresentou autocorrelação espacial significativa (Moran_I = 0.0070, p-valor = 0.244), sugerindo uma distribuição espacial aleatória. Em contraste, a proporção de empregos exibiu forte autocorrelação espacial positiva (Moran_I = 0.2897, p-valor < 0.001), indicando a formação de clusters espaciais. A renda média ("renda") também apresentou autocorrelação espacial positiva significativa (Moran_I = 0.1202, p-valor = 0.0355), porém com menor intensidade. Em 2022 (Tabela 2), o padrão se manteve para o número absoluto de empregos, sem significância estatística (Moran_I = 0.0641, p-valor = 0.0933). A proporção de empregos e a renda, no entanto, apresentaram autocorrelação espacial positiva ainda mais forte e significativa (Moran_I = 0.3389 e 0.2154, respectivamente, com p-valores < 0.001).

Tabela 1: Índice de Moran para Alta Tecnologia (2010)

Variáveis	I de Moran	P-Valor
Emprego Total	0,0070	2,44e-01
Proporção do emprego	0,2897	1,08e-09
Renda	0,1202	3,55e-02

Fonte: Elaboração própria via R.

Tabela 2: Índice de Moran para Alta Tecnologia (2022)

Variáveis	I de Moran	P-Valor
Emprego Total	0,0641	9,33e-02
Proporção do emprego	0,3389	2,18e-09
Renda	0,2154	4,05e-04

Fonte: Elaboração própria via R.

Os resultados do Índice de Moran Global indicam a presença de autocorrelação espacial, principalmente para a proporção de empregos e renda média nos setores de alta tecnologia em Minas Gerais. Essa autocorrelação espacial sugere a formação de clusters, ou seja, concentrações geográficas de microrregiões com valores semelhantes para essas variáveis. A análise LISA, apresentada a seguir, permitirá identificar a localização espacial desses clusters e suas características.

3.2. Clusterização de setores de Alta Tecnologia

A Figura 1, que representa o total de empregados formalmente nos setores, revela uma clara distinção entre o Sul de Minas, com um cluster Alto-Alto (alta concentração de empregos), e o Norte e Vale do Jequitinhonha, caracterizados por um cluster Baixo-Baixo (baixa concentração). A presença de um cluster Baixo-Alto em regiões próximas ao cluster Alto-Alto sugere um potencial de difusão dos setores.

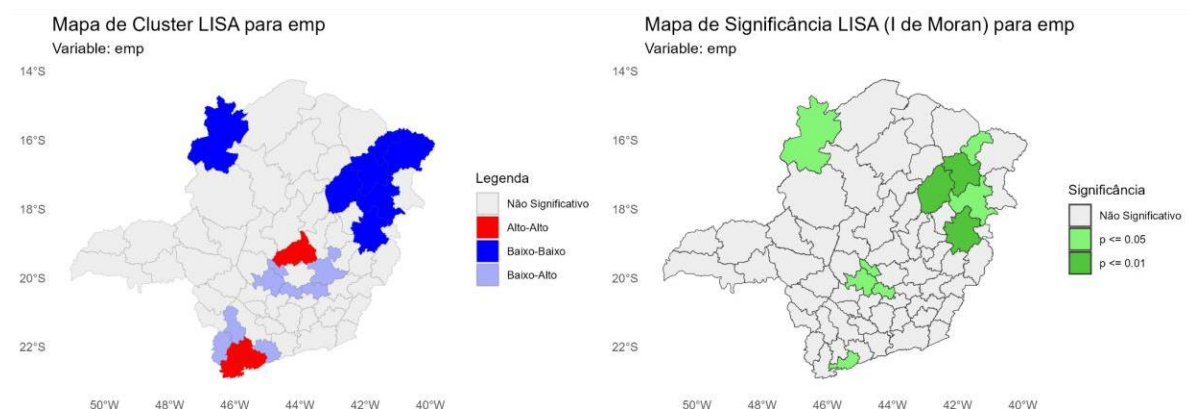


Figura 1: Mapeamento LISA para Emprego total em 2010

Fonte: Elaboração própria via R.

Essa tendência é reforçada pela Figura 2, representando a proporção de empregos em alta tecnologia, que expande o cluster Baixo-Baixo, indicando que a baixa especialização nesse setor é um fenômeno mais disseminado. O Sul de Minas mantém o cluster Alto-Alto,

confirmando sua especialização.

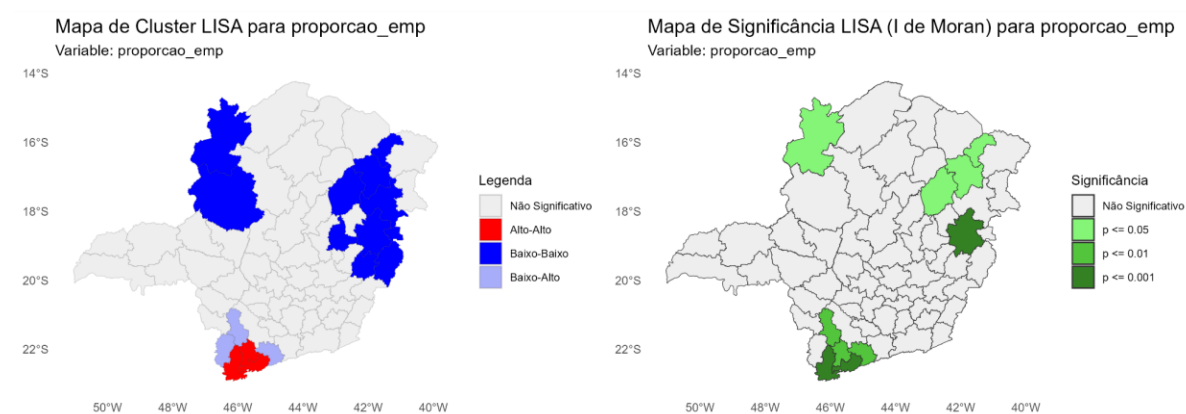


Figura 2: Mapeamento LISA para Proporção do Emprego em 2010

Fonte: Elaboração própria via R.

A Figura 3, para a renda média mensal, apresenta um padrão mais disperso, com clusters Baixo-Baixo distribuídos por diferentes regiões, indicando que a baixa remuneração não está restrita a áreas menos desenvolvidas. O Sul de Minas permanece como um cluster Alto-Alto.

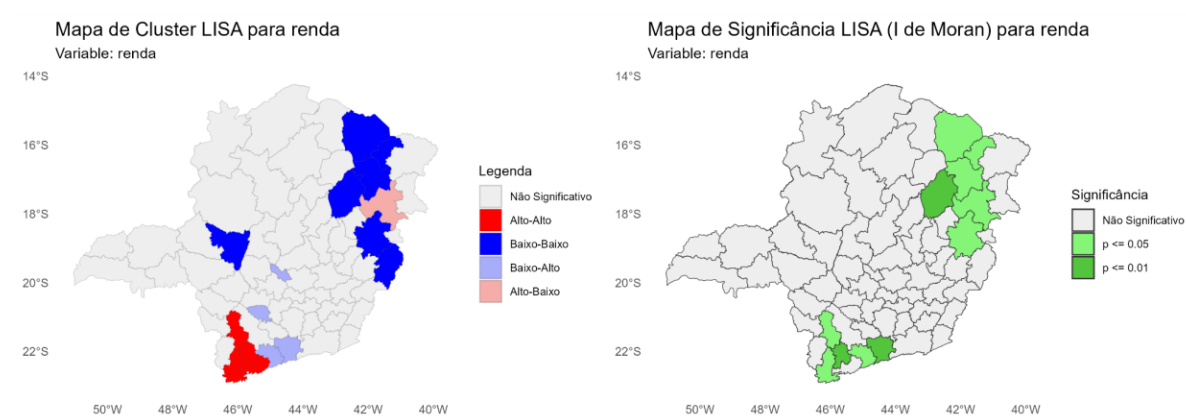


Figura 3: Mapeamento LISA para Renda Média em 2010

Fonte: Elaboração própria via R.

Em conjunto, os mapas LISA para 2010 revelam o Sul de Minas como um pólo consolidado de alta tecnologia, com clusters Alto-Alto para as três variáveis analisadas. Esse resultado sugere que a região possui um ambiente favorável ao desenvolvimento do setor, com maior concentração de empregos, maior especialização e maior remuneração. Em contrapartida, o Norte e o Vale do Jequitinhonha apresentam clusters Baixo-Baixo, indicando

uma menor participação na economia de alta tecnologia. A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), apesar de sua importância econômica, não se configura como um polo de alta tecnologia em termos de concentração espacial em 2010. A presença de clusters Baixo-Alto próximos aos clusters Alto-Alto indica um potencial de difusão de conhecimento e tecnologia, representando uma oportunidade para o desenvolvimento regional dessas áreas. A análise da proporção de empregos reforça a importância de se considerar a especialização regional em alta tecnologia, que pode ser um indicador mais preciso do potencial de inovação do que o número absoluto de empregos. A dispersão dos clusters de baixa renda sugere que fatores além da localização geográfica, como a qualificação da mão de obra e a estrutura das empresas, podem influenciar a remuneração no setor.

As figuras 4, 5 e 6 apresentam o mapeamento anterior para o ano de 2022. O cluster Baixo-Baixo, concentrado no Norte e Vale do Jequitinhonha (Unaí, Almenara, Pedra Azul, Araçuaí, Teófilo Otoni, Governador Valadares, Capelinha, Peçanha, Mantena, Guanhães e Caratinga), persiste e se expande em relação a 2010. O cluster Alto-Alto permanece no Sul de Minas (Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí e Itajubá), enquanto o cluster Baixo-Alto inclui Pará de Minas, Divinópolis, Itaguara, Ouro Preto, Itabira, São Sebastião do Paraíso e Poços de Caldas.

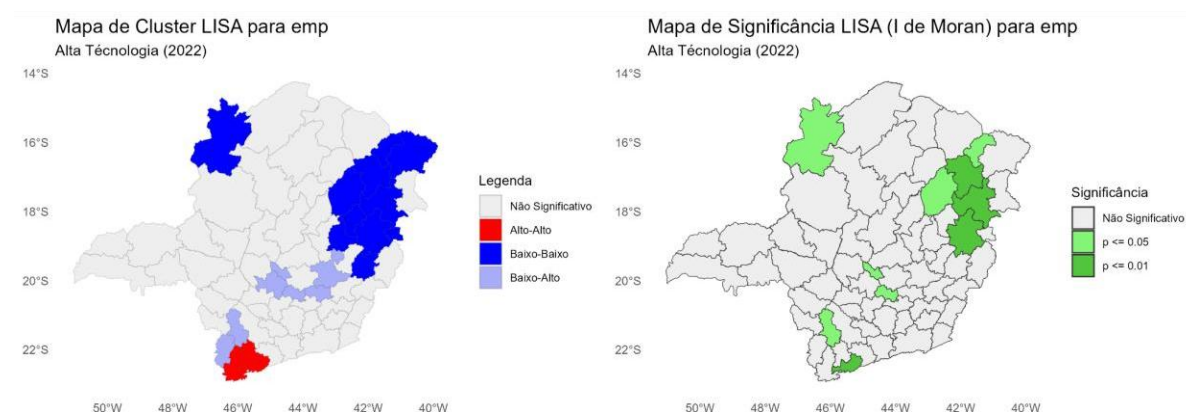


Figura 4: Mapeamento LISA para Emprego total em 2022

Fonte: Elaboração própria via R.

A Figura 5 mostra um padrão semelhante ao anterior, com um cluster Baixo-Baixo ainda mais abrangente, incluindo agora Ipatinga, no Vale do Aço. O Sul de Minas mantém o cluster Alto-Alto (Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí e Itajubá), e o cluster Baixo-Alto permanece similar ao observado na figura 4.

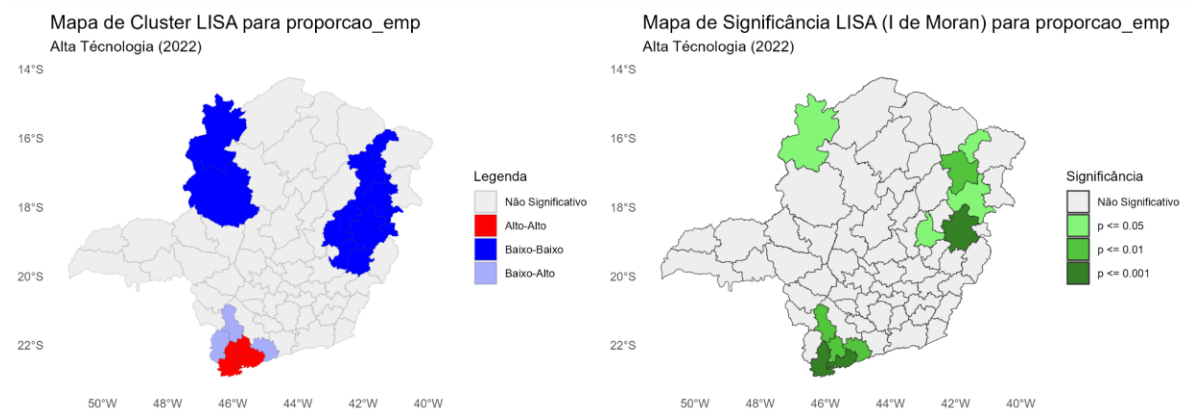


Figura 5: Mapeamento LISA para Proporção do Emprego em 2022

Fonte: Elaboração própria via R.

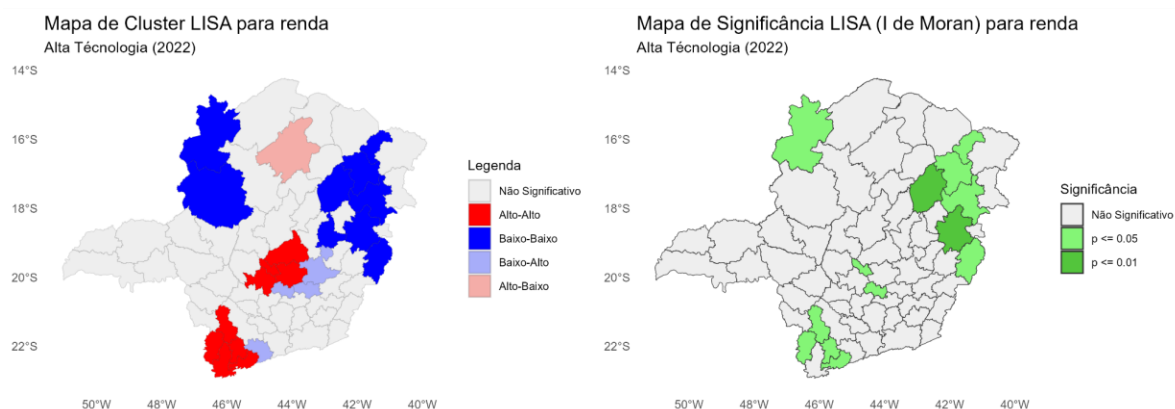


Figura 6: Mapeamento LISA para Renda Média em 2022

Fonte: Elaboração própria via R.

A Figura 6, para a renda média mensal, apresenta uma mudança significativa em relação a 2010. Observa-se a formação de um amplo cluster Alto-Alto, englobando a RMBH (Belo Horizonte), Sete Lagoas, Pará de Minas, Divinópolis, São Sebastião do Paraíso, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí e Itajubá. Além disso, identifica-se um cluster Alto-Baixo em Montes Claros, indicando uma região com alta renda em alta tecnologia, mas cercada por regiões com baixa renda. O cluster Baixo-Baixo, presente em 2010, reduz-se a Salinas, Pedra Azul, Capelinha, Araçuaí, Teófilo Otoni, Governador Valadares, Aimorés, Patos de Minas e Guanhães.

A comparação entre os mapas LISA de 2010 e 2022 revela mudanças importantes na

distribuição espacial do setor de alta tecnologia em Minas Gerais. Enquanto o Sul de Minas se mantém como um pólo consolidado, com clusters Alto-Alto para o emprego formal em números absolutos e proporcionais. A renda média mensal apresenta um padrão mais difuso em 2022, com um cluster Alto-Alto que abrange também a RMBH e outras microrregiões. Esse resultado sugere que, embora o Sul de Minas continue a concentrar empregos e especialização em alta tecnologia, a renda média no setor se elevou em outras regiões do estado, incluindo a capital. A expansão do cluster Baixo-Baixo para a proporção de empregos indica um aumento da desigualdade regional na especialização em alta tecnologia, com algumas regiões se consolidando como polos e outras ficando para trás. A identificação de um cluster Alto-Baixo em Montes Claros sugere a necessidade de uma análise mais detalhada dessa microrregião, que pode estar se destacando como um novo polo de alta tecnologia em Minas Gerais.

A mudança observada nos mapas LISA para a renda média mensal em alta tecnologia entre 2010 e 2022, com a expansão do cluster Alto-Alto para além do Sul de Minas e a inclusão da RMBH, pode estar relacionada à crescente adoção do trabalho remoto, especialmente em cargos de gerência e administrativos. A possibilidade de trabalhar remotamente, impulsionada pela disseminação de tecnologias de comunicação e informação, permitiu que profissionais qualificados buscassem locais com maior qualidade de vida, infraestrutura e acesso a serviços, como a RMBH e microrregiões do seu entorno. Esse fenômeno, acelerado pela pandemia de COVID-19, tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores, que analisam seus impactos no mercado de trabalho e na organização das cidades (Bloom et al., 2022; Bartik et al., 2020; Dingel; Neiman, 2020).

Essa migração de profissionais de alta renda para a RMBH e regiões próximas pode ter contribuído para elevar a renda média mensal nesses locais, explicando a formação do cluster Alto-Alto observado no mapa LISA de 2022. A flexibilidade oferecida pelo trabalho remoto, que permite que profissionais mantenham seus empregos em empresas de alta tecnologia mesmo que estas não estejam fisicamente localizadas na mesma região, tem sido apontada como um fator importante na redistribuição espacial da força de trabalho e na concentração de renda em determinadas áreas (Gaspar; Glaeser, 2006).

Essa alteração também pode estar associada com o próprio crescimento econômico da região na última década, como a maior oferta de serviços especializados, a presença de um mercado consumidor mais amplo e a proximidade com outras empresas do setor. A formação de hubs de inovação e a concentração de mão de obra qualificada em determinadas regiões têm sido analisadas por autores como Saxenian (1994) e Duranton e Puga (2004), que destacam a importância da proximidade geográfica e das redes de conhecimento para o desenvolvimento de setores intensivos em tecnologia.

A análise da influência do trabalho remoto na distribuição espacial da renda em alta tecnologia requer estudos mais aprofundados. A crescente literatura sobre o tema (e.g., Mas e Pallais, 2017; Gottfried; Wiesner, 2021) tem explorado diferentes aspectos do trabalho remoto, como seus impactos na produtividade, na satisfação dos trabalhadores e na desigualdade regional.

A Figura 7 apresenta os mapas de distribuição da renda média mensal nos setores de alta tecnologia em Minas Gerais para os anos de 2010 e 2022. A comparação visual entre os mapas corrobora a análise dos mapas LISA, evidenciando um aumento na concentração de microrregiões com alta renda média (tons mais escuros de laranja e marrom) na RMBH em 2022. Em 2010, a alta renda concentrava-se principalmente no Sul de Minas, enquanto em 2022 observa-se uma expansão dessa concentração para a região central do estado. Esse padrão espacial sugere um aumento da renda média nos setores de alta tecnologia nessas regiões, reforçando a hipótese de que a possibilidade do trabalho remoto e a busca por maior qualidade de vida podem ter atraído profissionais qualificados e, consequentemente, elevado a renda média nessas localidades.

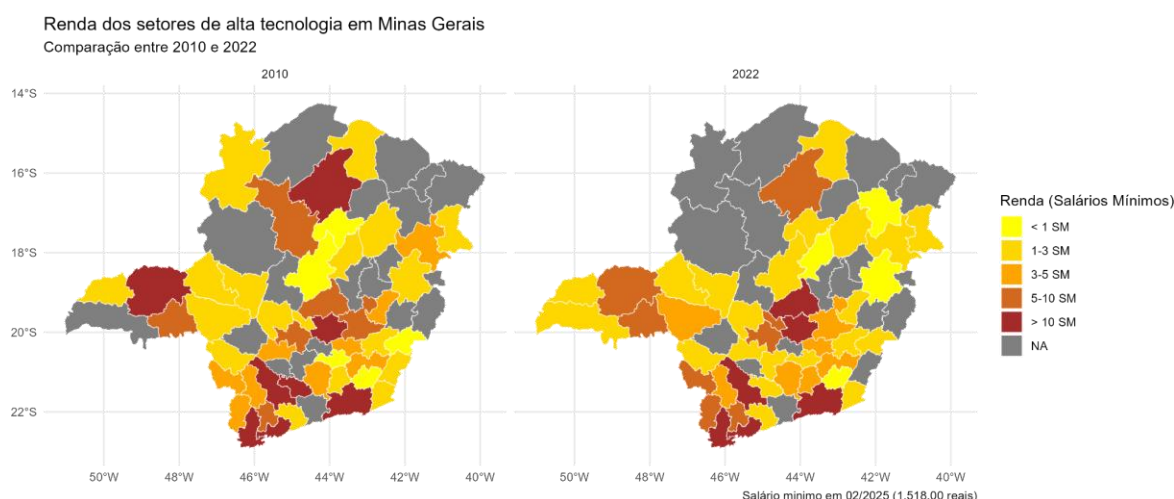


Figura 7: Renda Média microrregional

Fonte: Elaboração própria via R.

Abaixo, as figuras 8, 9 e 10 representam as respectivas variáveis analisadas para o sul de minas, Os plots temporais foram elaborados para as microrregiões que apresentaram clusters Alto-Alto e Baixo-Alto nos mapas LISA, compreendendo o Sul de Minas, a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e seu entorno. Essa seleção se justifica, pois essas regiões demonstram maior concentração e potencial de crescimento nos setores de alta tecnologia, sendo o foco principal da presente análise. As microrregiões classificadas como Baixo-Baixo, por apresentarem baixa concentração de indicadores de alta tecnologia e serem vizinhas de regiões com valores igualmente baixos, não foram incluídas na análise temporal,

uma vez que a dinâmica da alta tecnologia nessas regiões não é o objeto central desta pesquisa.

3.3 evolução dos indicadores ao longo do tempo para o cluster industrial do sul de minas

O Sul de Minas Gerais tem se destacado nas últimas décadas como um importante polo tecnológico e industrial, atraindo investimentos e empresas de diversos setores, em especial aqueles de alta intensidade tecnológica. A formação deste cluster industrial não ocorreu de forma espontânea, mas foi impulsionada por uma combinação de fatores, incluindo a proximidade com a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), incentivos fiscais, menor custo de terras e a disponibilidade de mão de obra qualificada. A literatura sobre desenvolvimento regional e clusters industriais tem abordado extensivamente o caso do Sul de Minas, destacando sua trajetória de crescimento e os desafios para sua consolidação como um polo de inovação (e.g., SALLES FILHO; BRITTO, 2007; COSTA; CARVALHO, 2010; LASTRES; CASSIOLATO, 2003).

A aglomeração de indústrias no Sul de Minas começou a ser notada de forma mais expressiva a partir da década de 1980, com a instalação de empresas do setor metalmeccânico e a formação de cadeias produtivas locais (NEVES et al., 2006). A proximidade com a RMSP, o maior mercado consumidor do país, foi um fator decisivo para a atração de investimentos, permitindo que as empresas do Sul de Minas se integrassem às cadeias produtivas paulistas (DANTAS et al., 2015). Essa integração com mercados dinâmicos e tecnologicamente avançados contribui para a difusão de conhecimento e a elevação da competitividade das empresas localizadas nos clusters (PORTER, 1998). Além disso, o menor custo de terras em comparação à RMSP e a disponibilidade de mão de obra qualificada, proveniente de universidades e centros de formação profissional da região, contribuíram para a atratividade do Sul de Minas (SAUER; CARVALHO, 2012).

A localização geográfica do Sul de Minas também se mostra estratégica ao se considerar o problema de otimização entre captar mão de obra, se posicionar próximo aos maiores mercados consumidores do país (RMSP, RMBH e RMRJ) e obter matéria-prima para as manufaturas. Situado em uma posição intermediária entre essas três regiões metropolitanas, o Sul de Minas permite o acesso a um vasto mercado consumidor, reduzindo os custos de transporte e logística (CROCCO et al., 2006). A localização estratégica, próxima a grandes centros urbanos e com acesso a infraestrutura de transporte, é um fator crucial para a competitividade dos clusters, facilitando o escoamento da produção e a atração de investimentos (Krugman, 1991). Além disso, a região conta com uma relativa proximidade com fornecedores de matéria-prima de diversos setores (ALVES, 2010), o que

contribui para a eficiência das cadeias produtivas. A disponibilidade de mão de obra qualificada, formada em instituições de ensino e pesquisa da região, completa o quadro de vantagens locacionais do Sul de Minas.

Os incentivos fiscais oferecidos por governos municipais e estadual também desempenharam um papel importante na atração de investimentos para o Sul de Minas. A isenção ou redução de impostos, combinada com a oferta de infraestrutura e a simplificação de processos burocráticos, tornou a região mais competitiva (ALMEIDA, 2013). No entanto, a sustentabilidade desse modelo de desenvolvimento baseado em incentivos fiscais tem sido questionada (PEREIRA, 2012), com autores argumentando que políticas de longo prazo focadas em inovação e capital humano são mais eficazes para o desenvolvimento sustentável dos clusters (FURTADO; CARVALHO, 2006).

Abaixo, a Figura 8 apresenta a variação temporal da proporção de empregos nos setores de alta tecnologia para as microrregiões do Sul de Minas que apresentaram clusters Alto-Alto e Baixo-Alto nos mapas LISA.

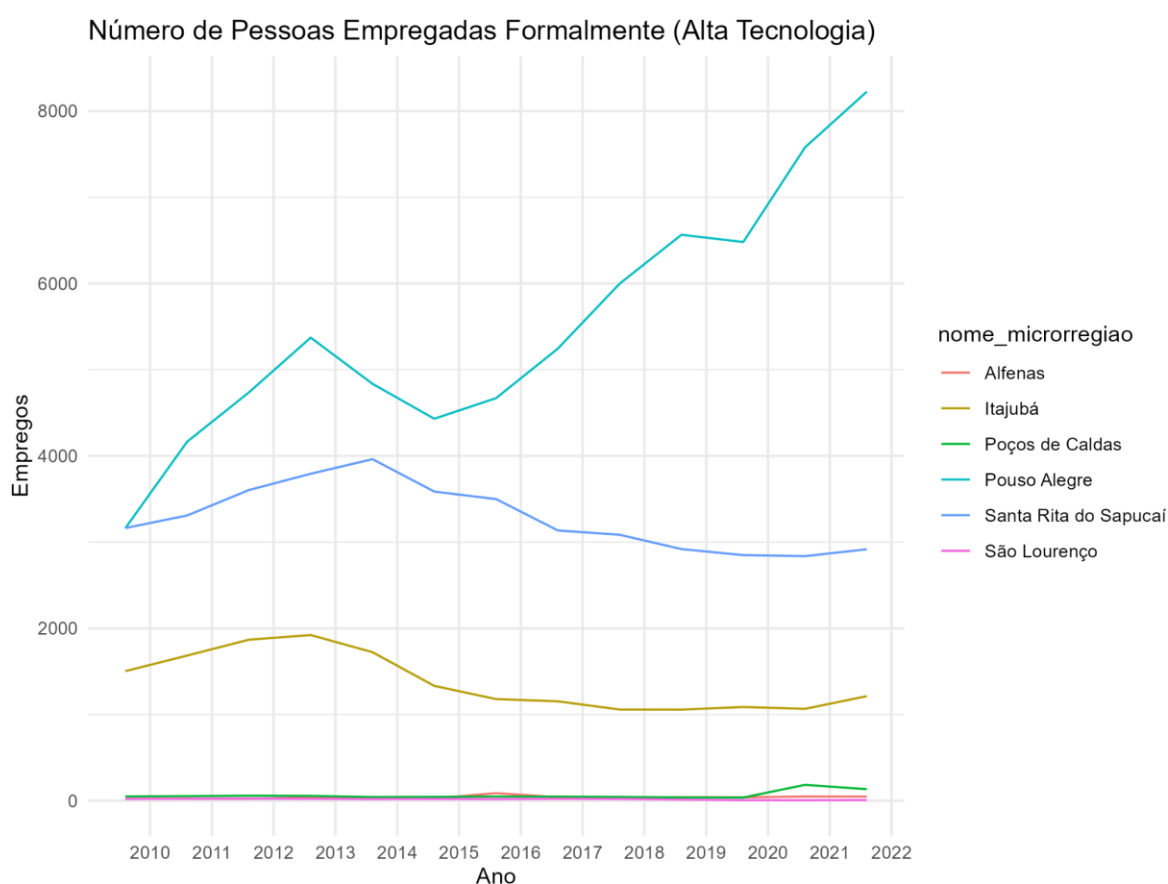


Figura 8: Evolução do total de pessoas empregadas em alta tecnologia nas microrregiões do sul de Minas.

Fonte: Elaboração própria via R.

Observa-se um crescimento expressivo do número de empregos em Pouso Alegre ao longo do período analisado, confirmando a posição dessa microrregião como um importante polo de alta tecnologia no Sul de Minas. Santa Rita do Sapucaí, apesar de ter iniciado o período com um número de empregos similar ao de Pouso Alegre, apresentou uma trajetória

de declínio após 2014, indicando uma possível retração do setor na microrregião. As demais microrregiões analisadas mantiveram um número de empregos relativamente estável, com pouca variação ao longo do tempo.

Pouso Alegre destaca-se com o maior número de empregos e um crescimento consistente ao longo do período, saindo de aproximadamente 3.000 empregos em 2010 para mais de 8.000 em 2022. Santa Rita do Sapucaí, apesar de ter iniciado o período com cerca de 3.000 empregos, apresentou uma trajetória de declínio após 2014, estabilizando-se em torno de 3.000 empregos nos últimos anos. Itajubá manteve-se relativamente estável, com cerca de 1.500 empregos em 2010, um leve aumento até 2012-2013 e posterior queda gradual, estabilizando-se em torno de 1.000 empregos. Poços de Caldas, Alfenas e São Lourenço mantiveram números baixos de empregos, todos abaixo de 500, com pequenas variações.

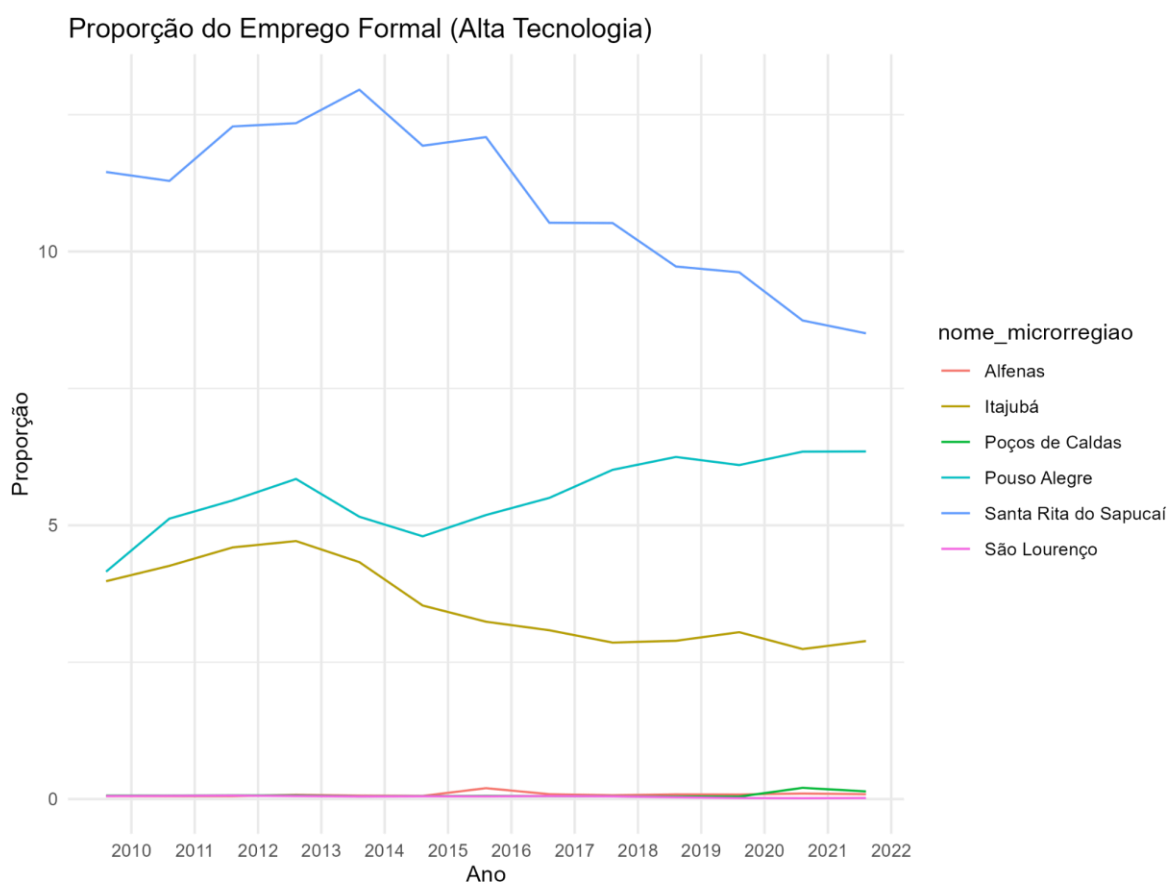


Figura 9: Evolução da proporção de pessoas empregadas em alta tecnologia nas microrregiões do sul de minas.

Fonte: Elaboração própria via R.

A Figura 9 mostra a evolução da proporção de empregos em alta tecnologia em relação ao total de empregos formais. Santa Rita do Sapucaí destaca-se com a maior proporção ao longo de todo o período, confirmando sua especialização no setor. Pouso Alegre, apesar do crescimento expressivo no número absoluto de empregos, apresenta uma proporção menor, indicando que o setor de alta tecnologia, embora em expansão, ainda não representa uma parcela tão significativa do emprego formal na microrregião quanto em Santa Rita do Sapucaí.

Santa Rita do Sapucaí destaca-se com a maior proporção, começando em aproximadamente 11% em 2010, aumentando até cerca de 13% em 2013-2014, e depois caindo consistentemente para aproximadamente 8% em 2022. Pouso Alegre mostra uma tendência geral de crescimento, de cerca de 4% em 2010 para 7% nos últimos anos, com um pico de 6% em 2013. Itajubá, partindo de 4% em 2010, teve um leve aumento para 5% em 2013 e um declínio gradual para 2-3% nos últimos anos. Alfenas, Poços de Caldas e São Lourenço mantiveram proporções muito baixas, próximas a zero.

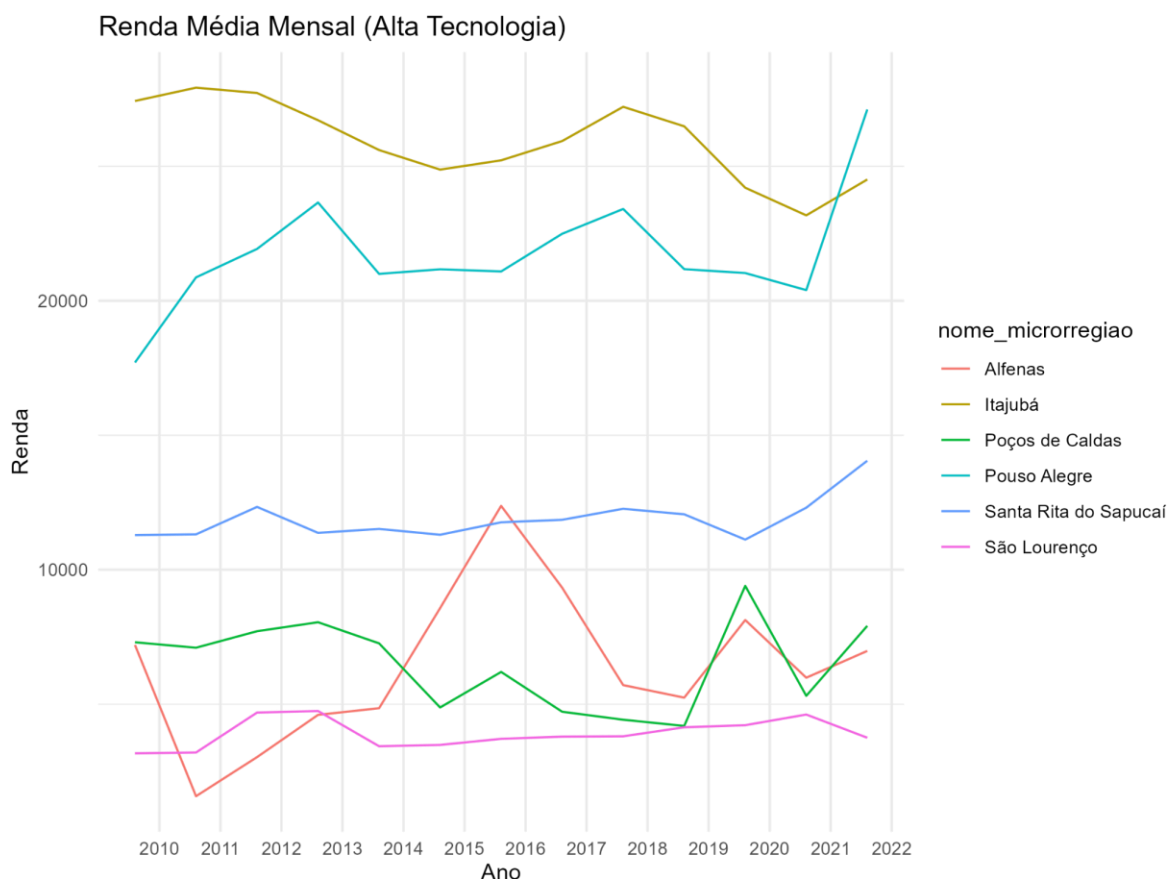


Figura 10: Evolução da renda média de pessoas empregadas em alta tecnologia nas microrregiões do sul de minas.

Fonte: Elaboração própria via R.

A Figura 10 apresenta a evolução da renda média mensal nos setores de alta tecnologia. Itajubá e Pouso Alegre destacam-se com as maiores rendas médias, confirmando a presença de mão de obra qualificada e remunerada nessas microrregiões. A tendência de queda observada em Itajubá e a volatilidade da renda em Pouso Alegre sugerem que a dinâmica da remuneração no setor de alta tecnologia é complexa e pode estar sujeita a diferentes fatores, como a estrutura das empresas, a concorrência por talentos e as flutuações do mercado.

Itajubá (linha amarela) e Pouso Alegre (linha azul clara) se destacam com as maiores rendas médias, em torno de 25 mil reais. Itajubá mostra uma tendência de queda suave ao longo do período, enquanto Pouso Alegre apresenta maior volatilidade, com picos em 2013 e

2022. Santa Rita do Sapucaí (linha azul escura) manteve uma renda média mais estável, em torno de 12 mil reais, com leve tendência de crescimento no final do período. Alfenas (linha vermelha) e Poços de Caldas (linha verde) mostram comportamento mais volátil, com picos significativos em 2016 e 2020, respectivamente, mas geralmente mantendo-se entre 5 a 10 mil reais. São Lourenço (linha rosa) apresenta a renda média mais baixa e estável entre as microrregiões analisadas, mantendo-se próxima a 5 mil reais ao longo de todo o período.

O gráfico mostra uma clara hierarquia na renda média do setor de alta tecnologia, com Itajubá e Pouso Alegre se destacando significativamente das demais microrregiões, embora com considerável volatilidade ao longo do tempo.

Os gráficos demonstram uma possível retração do espaçamento ocorrida ao longo do período. O Sul de Minas, embora seja um pólo consolidado, apresenta heterogeneidade interna. Pouso Alegre destaca-se pelo crescimento no número de empregos, enquanto Santa Rita do Sapucaí mantém a maior especialização. Itajubá, apesar da alta renda, apresenta declínio em empregos e sua proporção.

A análise dos indicadores de emprego, proporção de empregos e renda média mensal no setor de alta tecnologia no Sul de Minas, entre 2010 e 2022, sugere uma possível retração espacial da atividade econômica, com uma redistribuição dos empregos e da renda dentro da região. Embora o Sul de Minas se mantenha como um pólo consolidado de alta tecnologia, a heterogeneidade observada na dinâmica das microrregiões indica que fatores específicos podem estar influenciando a localização das empresas e dos trabalhadores do setor, conforme discutido na literatura sobre clusters e desenvolvimento regional (PORTER, 1998; MARTIN; SUNLEY, 2003).

Uma hipótese para essa redistribuição espacial é a crescente adoção do trabalho remoto, acelerada pela pandemia de COVID-19 e pela disseminação de tecnologias de comunicação e informação. A possibilidade de trabalhar remotamente permite que profissionais qualificados busquem locais com maior qualidade de vida, como a RMBH e seu entorno, impactando a distribuição da renda (BLOOM et al., 2022; BARTIK et al., 2020; DINGEL; NEIMAN, 2020). Essa tendência alinha-se com as transformações observadas no mercado de trabalho global, com a crescente flexibilização das relações de trabalho e a valorização da qualidade de vida (CASTELLS, 2001).

Uma segunda hipótese, relacionada ao crescimento do emprego em Pouso Alegre, considera o contexto da crise institucional brasileira de 2013-2015. A microrregião de Pouso Alegre, com as condições favoráveis descritas anteriormente, pode ter se tornado um destino atrativo para empresas de alta tecnologia que buscavam reduzir custos e manter a competitividade. A busca por vantagens competitivas locais, como a disponibilidade de mão de obra qualificada e a proximidade com fornecedores e mercados consumidores, é um fator

determinante na estratégia de localização das empresas (KRUGMAN, 1991). O crescimento expressivo do emprego em Pouso Alegre a partir de 2015 sugere que a microrregião absorveu parte da mão de obra qualificada disponível após a queda no quadro de funcionários da indústria brasileira durante a crise. Crises econômicas podem acelerar processos de reestruturação produtiva e reorganização espacial das atividades econômicas, levando a mudanças nos padrões de emprego e renda (STORPER, 1997). Essa hipótese se alinha à teoria microeconômica de mercados com estruturas de monopólio ou oligopólio (PINDYCK; RUBINFELD, 2013), onde empresas com maior poder de mercado podem ajustar sua produção e quadro de funcionários de forma mais ágil. Em um contexto de crise, empresas em setores de alta tecnologia podem ter optado por concentrar suas operações em localidades com maior eficiência e menores custos, como Pouso Alegre.

A análise dos dados para a RMBH e seu entorno fornecerá um panorama da dinâmica da alta tecnologia nessa região, permitindo explorar a hipótese sobre a influência do trabalho remoto na distribuição espacial da renda. No entanto, é importante ressaltar que essa análise descritiva e espacial, embora contribua para a compreensão do fenômeno, não substitui uma análise estatística mais profunda, com técnicas que permitam isolar o efeito do trabalho remoto de outros fatores que possam influenciar a renda média mensal nos setores de alta tecnologia. A comparação entre as dinâmicas regionais da alta tecnologia no Sul de Minas e na RMBH, em conjunto com análises estatísticas mais robustas, contribuirá para uma compreensão mais abrangente das transformações no setor e suas implicações para o desenvolvimento de Minas Gerais.

No que tange a segunda hipótese abordada nos parágrafos anteriores, estudos mais detalhados sobre a estrutura do mercado de alta tecnologia e as estratégias de otimização das empresas são necessários para testá-la.

3.4 Região Metropolitana de Belo Horizonte: Descritivas ao longo do tempo

A Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e seu entorno têm desempenhado um papel crucial no desenvolvimento industrial de Minas Gerais, consolidando-se como um importante polo econômico e atraindo investimentos em diversos setores. Essa trajetória remonta ao período da construção de Brasília, durante o governo de Juscelino Kubitschek, quando a criação de importantes rodovias transformou Belo Horizonte em um importante entroncamento logístico e facilitou a integração da capital mineira com outras regiões do Brasil (OLIVEIRA, 2004). Essa posição estratégica, somada à proximidade com microrregiões ricas em recursos naturais, como Ouro Preto, historicamente importante centro de mineração de ouro, criou condições favoráveis para o desenvolvimento industrial (BNDES, 2012).

A década de 1960 marcou o início de um processo de industrialização mais intenso na RMBH, impulsionado por políticas nacionais de desenvolvimento, como o Plano de Metas, e pela expansão da infraestrutura de transporte e energia (ABREU, 2017). A construção de usinas hidrelétricas, como a de Furnas, e a ampliação da rede rodoviária criaram condições para a instalação de indústrias de base, como a siderurgia e a metalurgia (GONÇALVES, 2015). A disponibilidade de energia e a facilidade de transporte são fatores cruciais para a localização de indústrias de base, que demandam grandes quantidades de insumos e enfrentam altos custos logísticos (PINDYCK; RUBINFELD, 2013). Incentivos fiscais e programas governamentais também contribuíram para atrair investimentos (ALMEIDA, 2013).

Nos anos 1970, a industrialização da RMBH continuou a se diversificar, com a chegada de empresas dos setores automobilístico, têxtil e de bens de consumo duráveis. A criação de distritos industriais e a expansão da infraestrutura urbana contribuíram para atrair mão de obra e impulsionar o crescimento populacional (PEROBELLI et al., 2013). O crescimento demográfico e a urbanização acelerada geram novas demandas por infraestrutura e serviços, criando oportunidades para o desenvolvimento de diferentes setores da economia (FURTADO, 1972). O fortalecimento das universidades e centros de pesquisa na região, que passaram a desempenhar um papel mais ativo no desenvolvimento tecnológico e na formação de mão de obra qualificada (SALLES FILHO; BRITTO, 2007), também contribuíram para a diversificação industrial.

A década de 1980, apesar da crise econômica, trouxe novas transformações para a RMBH. A reestruturação produtiva da indústria brasileira, com ênfase na modernização tecnológica e na competitividade internacional, levou as empresas a buscar novas localizações e investir em tecnologias mais avançadas (COSTA; CARVALHO, 2010). A RMBH, com sua infraestrutura, mão de obra qualificada e proximidade com importantes mercados consumidores, conseguiu atrair investimentos em setores de maior intensidade tecnológica (NEVES et al., 2006). Esse período marcou o início da transição da RMBH para um polo de inovação, com a formação de clusters tecnológicos e o fortalecimento da interação entre universidades, empresas e governo (CASSIOLATO; LASTRES, 2003).

Ao longo das décadas seguintes, a RMBH se consolidou como um importante centro industrial, atraindo empresas de diferentes setores (FIGUEIREDO et al., 2010). A presença do terceiro maior mercado consumidor do país reforçou sua atratividade (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2023). A diversificação da economia, com a expansão do setor de serviços, contribuiu para a formação de um ecossistema de inovação (DANTAS et al., 2015).

Abaixo, as figuras 11, 12 e 13 apresentam as mesmas variáveis abordadas anteriormente para a RMBH.

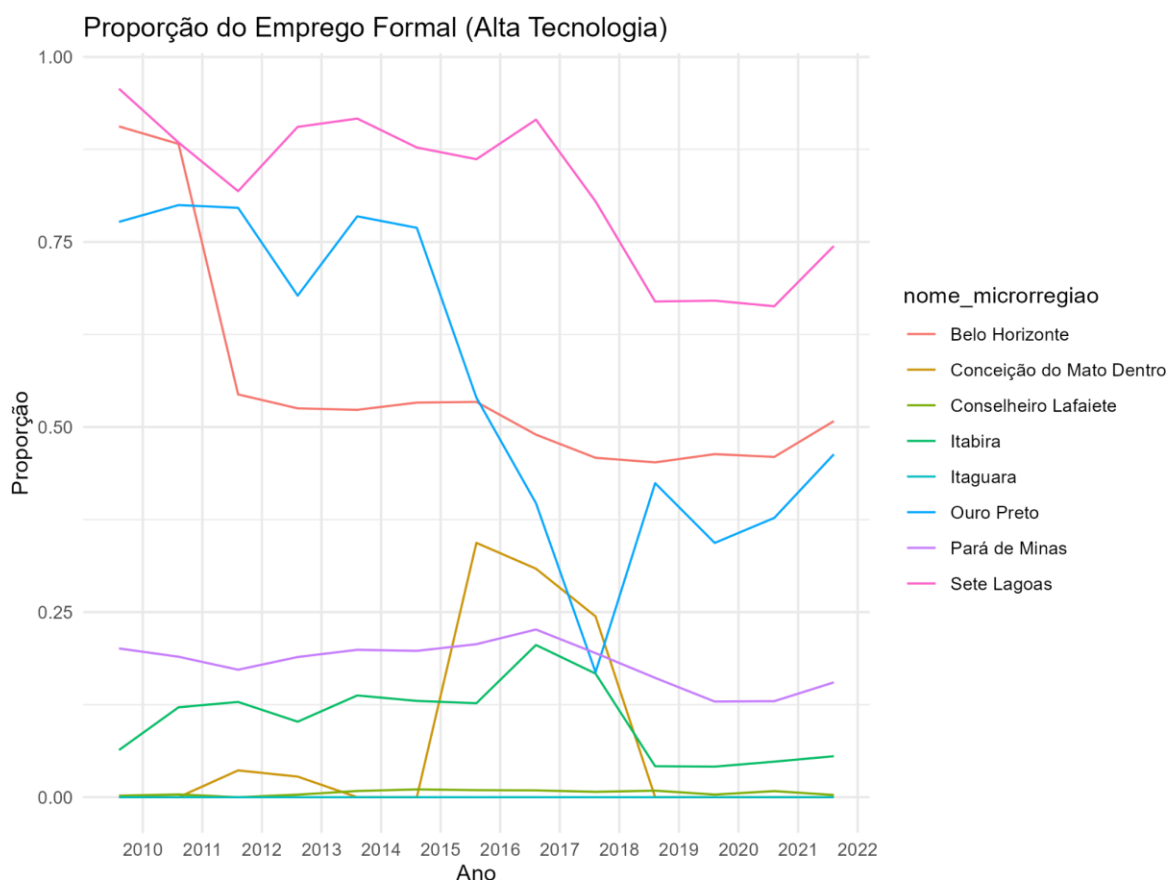


Figura 11: Evolução da proporção de pessoas empregadas em alta tecnologia nas microrregiões da RMBH.

Fonte: Elaboração própria via R.

A Figura 11 apresenta a variação temporal da proporção de empregados em setores de alta intensidade tecnológica em relação ao total de empregos formais, para microrregiões da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) classificadas como Alto-Alto (AA) ou Baixo-Alto (BA) nos mapas LISA. Observa-se um comportamento heterogêneo entre as microrregiões, com algumas mantendo proporções elevadas de emprego em setores tecnológicos ao longo de todo o período, enquanto outras exibem quedas acentuadas entre 2012 e 2016, em sintonia com a crise econômica brasileira. Nesse sentido, é válido ressaltar que a adoção de estratégias de cluster e Arranjos Produtivos Locais (APL) pode favorecer a promoção de inovações e o fortalecimento de ecossistemas regionais de inovação (Oliveira; Ramos, 2018). Entretanto, a formação de tais aglomerações industriais exige políticas públicas direcionadas e sistemas regionais de inovação bem estruturados (Garcia et al., 2022; Riobaldo, 2023).

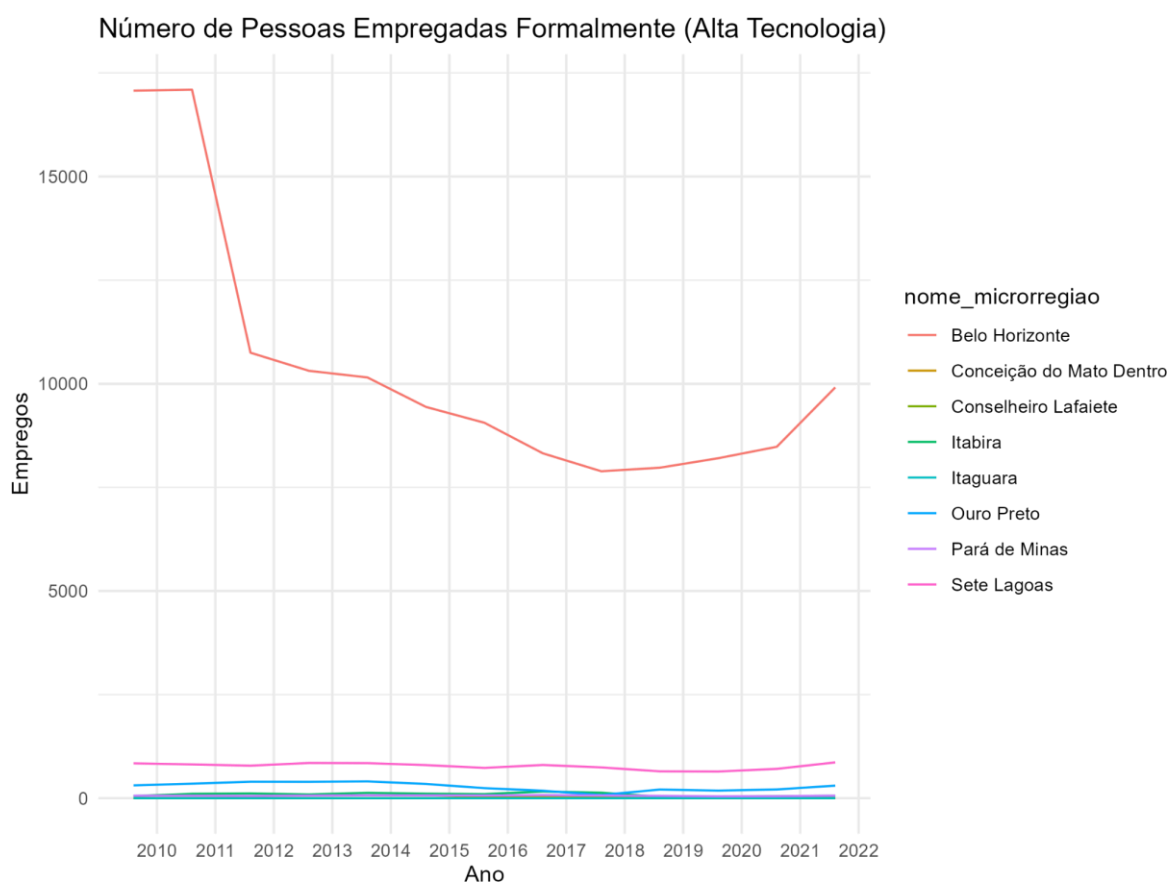


Figura 12: Evolução do total de pessoas empregadas em alta tecnologia nas microrregiões da RMBH.

Fonte: Elaboração própria via R.

A Figura 12 exibe o número absoluto de empregados em setores de alta tecnologia para as mesmas microrregiões. De modo geral, há um crescimento mais consistente entre 2010 e 2014, seguido de desaceleração a partir de 2015, em convergência com a crise macroeconômica e as restrições orçamentárias das empresas de base tecnológica (IEDI, 2018). Nessa conjuntura, algumas microrregiões (especialmente aquelas com infraestrutura e condições institucionais robustas) demonstraram capacidade de reverter a queda, reforçando a relevância de políticas setoriais e investimentos públicos e privados em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I). De acordo com o Plano de Ação para a Neoindustrialização 2024–2026 (Brasil, 2024), iniciativas que visam à reindustrialização e ao avanço da Indústria 4.0 podem fomentar ganhos de produtividade e a consolidação de novas bases tecnológicas nas regiões metropolitanas, como a RMBH.

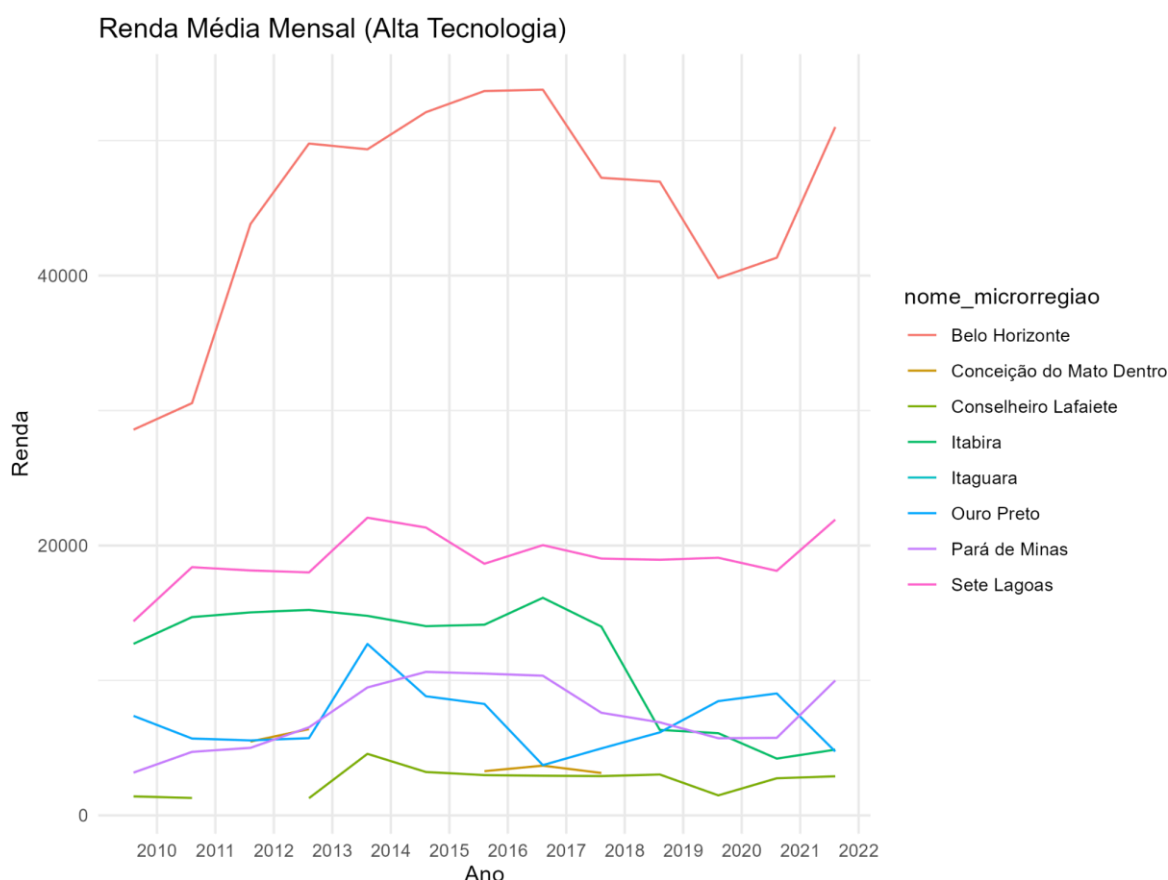


Figura 13: Evolução da renda média de pessoas empregadas em alta tecnologia nas microrregiões da RMBH.

Fonte: Elaboração própria via R.

Por fim, a Figura 13 ilustra a evolução da renda média mensal em setores de alta intensidade tecnológica ao longo do período analisado. Nota-se que algumas microrregiões mantêm rendas relativamente elevadas, ao passo que outras apresentam instabilidade maior durante a recessão. A partir de 2017, observa-se uma recuperação incipiente em algumas localidades, condizente com análises sobre a retomada da capacidade inovativa após períodos de ajuste econômico (Manual de Oslo, 2006). Ainda, a adoção do trabalho remoto e de modelos híbridos de produção e serviços (Dingel; Neiman, 2020) pode ter contribuído para dinamizar a demanda por profissionais de alta qualificação em determinados núcleos urbanos da RMBH, elevando a remuneração média nesses setores intensivos em P&D (Paranhos; Hasenclever, 2021).

Assim, a análise temporal para a RMBH reforça os achados dos índices espaciais (Índice de Moran e LISA), sugerindo a presença de microrregiões capazes de reter e atrair profissionais e empresas de base tecnológica (clusters Alto-Alto), bem como outras em que tais setores ainda são pouco desenvolvidos (clusters Baixo-Baixo). Essa heterogeneidade indica que fatores macroeconômicos (por exemplo, a crise de 2014–2016), políticas de inovação específicas e um ambiente institucional favorável são variáveis determinantes para o desempenho dos setores de alta tecnologia. Sabe-se que empresas inovadoras exigem estrutura de governança que reduza custos de transação e estimule aprendizagem interativa

(Teece, 1986; Cowgill; Harvey; Watson, 1999). Além disso, as contribuições recentes do Plano Nacional de Neointustrialização (Brasil, 2024) e a agenda para a Indústria 4.0 (IEDI, 2018) corroboram a importância de articular políticas públicas, fomento ao capital humano e incentivos à pesquisa científica e tecnológica (Rapini et al., 2021).

Em síntese, os resultados confirmam a relevância de clusters inovadores e arranjos produtivos regionais para alavancar o crescimento econômico da RMBH, em consonância com o conceito de sistemas de inovação (Freeman, 1982; Garcia et al., 2022). Tais políticas, no entanto, devem ser adaptadas às especificidades de cada microrregião, reconhecendo-se que a estrutura industrial, o nível de qualificação e a capacidade de articulação entre empresas, governo e universidades constituem elementos-chave para a consolidação de um polo dinâmico em setores de alta tecnologia (Nelson; Winter, 1982; Manual de Oslo, 2006; Oliveira; Ramos, 2018).

3.5 Comparação entre o Sul de Minas e a RMBH: convergências, divergências e impactos para a economia de Minas Gerais

A análise dos indicadores de emprego, proporção de empregos e renda média mensal em setores de alta intensidade tecnológica revela características bastante distintas entre o Sul de Minas e a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Esses contrastes ajudam a compreender a heterogeneidade econômica e inovativa do estado de Minas Gerais, bem como as possíveis implicações para o desenvolvimento regional e a formulação de políticas públicas.

a) Trajetórias de especialização e infraestrutura de inovação

No Sul de Minas, o crescimento de microrregiões como Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí e Itajubá reflete um cluster tecnológico mais consolidado, resultante tanto da proximidade geográfica com a Região Metropolitana de São Paulo quanto da articulação entre universidades, centros de pesquisa e empresas locais (DANTAS et al., 2015). A presença de arranjos produtivos locais (APLs) em setores como eletroeletrônica e metalmeccânico, aliada a uma cultura de empreendedorismo, favorece a difusão de conhecimento e a formação de capital humano qualificado (Oliveira; Ramos, 2018).

Já na RMBH, a consolidação como polo tecnológico está relacionada à maior disponibilidade de infraestrutura de transportes e logística, bem como à proximidade com o centro administrativo do estado (ABREU, 2017; GONÇALVES, 2015). Embora a microrregião tenha apresentado oscilações nos indicadores de emprego e renda em função de ciclos macroeconômicos, observa-se maior diversidade setorial e maior capacidade de atrair investimentos de empresas nacionais e estrangeiras (MARTIN; SUNLEY, 2003; Rapini et al., 2021). A expansão de serviços especializados, a presença de universidades de referência

(UFMG, CEFET-MG, UEMG) e a criação de ecossistemas de inovação mais abrangentes (como o BH-TEC) refletem em maior potencial de absorção de mão de obra qualificada (Cassiolo; Lastres, 2003).

b) Comparação dos indicadores de emprego e renda

No Sul de Minas, apesar da maior proporção de empregos em alta tecnologia em determinadas localidades (por exemplo, Santa Rita do Sapucaí), a quantidade absoluta ainda é relativamente menor quando comparada à RMBH – região cujo mercado de trabalho é mais diversificado e onde setores intensivos em tecnologia competem com uma ampla base industrial e de serviços (Lastres; Cassiolo, 2003; Riobaldo, 2023). Em contrapartida, alguns polos do Sul de Minas exibem renda média elevada em função da concentração de atividades especializadas, frequentemente resultantes de cooperação universidade-empresa (Freeman, 1982).

Na RMBH, o número absoluto de empregos em setores de alta intensidade tecnológica tende a ser mais elevado, embora a proporção sobre o total de empregos formais seja menor, pois a economia local incorpora uma variedade de setores de menor intensidade tecnológica (CNDI, 2020). Os salários médios, quando considerados apenas os empregos em alta tecnologia, podem superar a média estadual, refletindo a presença de empresas multinacionais e atividades em setores de ponta (Dingel; Neiman, 2020). Entretanto, essa renda média pode ser mais volátil, sendo influenciada pela dinâmica dos negócios em grandes centros, pela maior concorrência e pela adoção de modalidades de trabalho remoto (Bloom et al., 2022).

c) Impactos na economia do estado de Minas Gerais

Essas diferenças regionais têm repercussões importantes para o desenvolvimento socioeconômico e a distribuição de renda em Minas Gerais (FURTADO; CARVALHO, 2006). Se, por um lado, o Sul de Minas apresenta maior coesão na formação de clusters orientados à alta tecnologia, por outro, a RMBH funciona como um hub logístico e administrativo, bem como um mercado consumidor que atrai empresas de diversos setores, inclusive as de maior intensidade tecnológica (GARCIA et al., 2022).

Difusão de inovações: a convergência de conhecimento entre microrregiões (ALTO-ALTO e BAIXO-ALTO) sugere que existem oportunidades de spillover de inovações partindo dos núcleos mais dinâmicos do Sul de Minas e da RMBH em direção a regiões limítrofes (AUDRETSCH; FELDMAN, 1996). Isso é potencializado quando políticas públicas de fomento (BNDES, FINEP) direcionam recursos para expandir infraestrutura e capacitação de mão de obra, promovendo maior capilaridade das atividades de P&D no interior do estado.

Geração de empregos qualificados: ambas as regiões apresentam capacidade de criar

vagas para profissionais de alta qualificação, mesmo que em ritmos diferentes (Borjas, 2016). O Sul de Minas tende a especializar-se em nichos tecnológicos, enquanto a RMBH apresenta maior amplitude de setores inovativos, resultando em empregos tecnológicos mais dispersos (Cassiolato; Lastres, 2003).

Diversificação econômica: enquanto o Sul de Minas revela uma estrutura produtiva cada vez mais ancorada em segmentos de alta tecnologia (particularmente eletrônica, mecânica de precisão e TI), a RMBH mantém relevância em setores tradicionais (como siderurgia, construção civil) ao mesmo tempo em que se torna polo crescente de serviços intensivos em conhecimento (Gonçalves, 2015). Como consequência, o estado ganha em resiliência econômica, pois cada região supre lacunas de especialização e oferta de mão de obra (Garcia et al., 2022).

Políticas de coesão regional: a heterogeneidade de Minas Gerais exige políticas de inovação desenhadas para contemplar arranjos produtivos com diferentes graus de maturidade tecnológica. No Sul de Minas, o desafio é sustentar o dinamismo dos clusters existentes e expandi-los para segmentos ainda pouco explorados (Costa; Carvalho, 2010). Na RMBH, a ênfase recai sobre a manutenção da atratividade para empresas de base tecnológica de médio e grande porte, coordenando iniciativas que promovam sinergias com universidades e centros de pesquisa.

A comparação entre as duas regiões mostra que ambas contribuem significativamente para a competitividade do estado de Minas Gerais, ainda que por caminhos diversos. O Sul de Minas, com sua maior coesão em atividades inovativas e ecossistemas de menor escala, exibe uma capacidade de gerar polos de inovação relativamente especializados, impulsionando o surgimento de startups e promovendo maior retenção de mão de obra qualificada (Teece, 1986). Já a RMBH, mesmo apresentando indicadores mais voláteis em determinados anos de crise, tende a oferecer um ambiente institucional amplo, favorecendo a atração de grandes empresas e o desenvolvimento de um mercado de trabalho formal mais robusto (Oliveira; Ramos, 2018).

Nesse cenário, políticas públicas e ações de fomento precisam levar em conta a complementaridade entre as duas regiões para maximizar spillovers de conhecimento e integração de cadeias produtivas. Tal coordenação pode fortalecer o Sistema Regional de Inovação em Minas Gerais e fomentar um desenvolvimento econômico mais equilibrado e resiliente (Rapini et al., 2021). Em última instância, a convergência de ações entre as áreas de maior concentração tecnológica no Sul de Minas e as possibilidades de diversificação industrial e de serviços tecnológicos na RMBH tende a elevar a competitividade estadual de forma sustentável, assegurando maior autonomia e inovação no médio e longo prazos.

4. Conclusão e considerações finais

Ao longo desta monografia, buscou-se investigar como a formação de clusters de alta intensidade tecnológica pode influenciar o desenvolvimento socioeconômico das microrregiões de Minas Gerais. Partindo do referencial teórico que enfatiza o papel da inovação e dos Sistemas Regionais de Inovação (SRIs) (Freeman, 1982; Nelson; Winter, 1982; Cassiolato; Lastres, 2003), analisou-se a dinâmica dos setores intensivos em conhecimento, tanto no Sul de Minas quanto na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Essa análise envolveu a aplicação de métodos de estatística espacial (Índice de Moran e LISA) e a observação de indicadores empíricos (emprego absoluto, proporção de emprego e renda média mensal nesses setores), complementada por discussões a respeito das condições históricas, institucionais e de mercado que moldam o ambiente inovador mineiro.

4.1. Síntese dos Principais Resultados

Os resultados desta pesquisa indicam que, no Sul de Minas, há forte evidência de microrregiões com alta concentração de empregos em setores de alta intensidade tecnológica, sobretudo em polos como Santa Rita do Sapucaí, Itajubá e Pouso Alegre. A cooperação universidade-empresa e o surgimento de Arranjos Produtivos Locais (APLs) contribuíram para a formação de um ecossistema de inovação consistente, embora, em termos absolutos, esse adensamento ainda não se compare à escala de grandes centros urbanos. Isso enfatiza a necessidade de políticas públicas que impulsionem a infraestrutura de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e promovam redes de colaboração mais amplas (Dantas et al., 2015).

Por outro lado, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), o volume absoluto de empregos em setores tecnológicos é mais elevado, embora a proporção em relação ao total de empregos formais seja menor, fato que reflete a maior diversidade de sua matriz produtiva. A renda média mensal nesses setores tecnológicos apresenta variações ao longo do tempo, resultantes de fatores macroeconômicos e de dinâmicas próprias das grandes empresas, além da adoção de práticas como o trabalho remoto (Bloom et al., 2022). A consolidação de um ecossistema de inovação em Belo Horizonte, apoiado por universidades, incentivos públicos e um mercado local significativo, evidencia o potencial de absorver mão de obra qualificada e expandir sua competitividade em segmentos de maior valor agregado (García et al., 2022).

Como consequência, ambas as regiões desempenham papéis complementares: enquanto o Sul de Minas consolida nichos de tecnologia altamente especializados, a RMBH se estrutura como um grande pólo capaz de atrair investimentos e mão de obra diversificada (Oliveira; Ramos, 2018). Essa complementaridade acentua a importância de políticas de

coesão regional que fortaleçam os laços entre as microrregiões, favorecendo a difusão de inovações e a formação de redes colaborativas. Apesar dos sinais de fortalecimento da capacidade inovativa do estado, ainda existem disparidades significativas entre as microrregiões, tanto no tocante ao grau de especialização quanto à geração de renda (Riobaldo, 2023).

4.2. Reflexões sobre Políticas Públicas e Desafios

O contexto apresentado revela que Minas Gerais abriga microrregiões com condições favoráveis ao desenvolvimento de polos tecnológicos, ao mesmo tempo em que enfrenta obstáculos estruturais que exigem ação governamental coordenada. Nesse sentido, a promoção de políticas públicas para fomentar P&D, desenvolver capital humano especializado e criar ambientes institucionais favoráveis torna-se essencial para assegurar a competitividade estadual. A consolidação de um sistema estadual de inovação que conecte universidades, institutos de pesquisa, setor privado e organismos governamentais pode ampliar a produção científica e a transferência de conhecimento para o mercado (Manual de Oslo, 2006). Além disso, a expansão da infraestrutura de pesquisa e de serviços tecnológicos, sobretudo em microrregiões com alto potencial, ainda pouco exploradas, pode atenuar desigualdades regionais (Lastres; Cassiolato, 2003).

Outro aspecto crucial reside em incentivar a cooperação inter-regional, para que boas práticas e spillovers de conhecimento oriundos do Sul de Minas ou da RMBH possam alcançar outras localidades e elevar o patamar inovativo em todo o estado (Freeman; Soete, 2008). A ação do poder público deve contemplar, ainda, a formação e o fortalecimento de arranjos produtivos locais e clusters, uma vez que a proximidade geográfica e organizacional tende a dinamizar processos de aprendizagem coletiva e aumentar a competitividade sistêmica (Porter, 1990; Oliveira; Ramos, 2018).

4.3. Limitações e Perspectivas de Pesquisas Futuras

A despeito dos avanços na identificação e na análise dos padrões espaciais de emprego e renda em setores intensivos em tecnologia, algumas limitações precisam ser destacadas. O acesso a dados de maior detalhamento, sobretudo para os anos mais recentes, foi limitado, o que pode ser parcialmente suprido por estudos complementares que se valham de microdados ou de enfoques qualitativos. Também se faz relevante a expansão do objeto de estudo para além dos setores de alta intensidade, posto que inovações em setores tradicionais (soft innovation) podem exercer influências importantes no desenvolvimento regional (CNDI, 2020).

Outra lacuna notável diz respeito à necessidade de se avançar na discussão de

causalidade. Os métodos de correlação espacial e estatísticas descritivas empregados aqui fornecem indícios fortes de relações entre inovação e desenvolvimento, mas não exploram plenamente o nexo causal que poderia ser evidenciado por modelos econométricos ou por estudos de caso comparativos. Assim, pesquisas futuras poderiam abranger análises mais pormenorizadas em nível municipal, bem como explorar indicadores de qualidade de vida e infraestrutura digital, variáveis que expandem a compreensão da dinâmica inovadora do estado (Mas; Pallais, 2017).

4.4. Considerações Finais

Esta monografia demonstrou que a formação de clusters de alta intensidade tecnológica apresenta correlação positiva com o desenvolvimento socioeconômico das microrregiões mineiras analisadas, contribuindo para a geração de empregos qualificados e para o aumento da renda média mensal. Contudo, as disparidades entre o Sul de Minas e a RMBH ressaltam a importância de políticas públicas que estimulem a convergência e a cooperação inter-regional, reconhecendo as especificidades de cada localidade e a necessidade de fortalecer o ecossistema de inovação como um todo (Cooke, 2001).

A consolidação de Sistemas Regionais de Inovação que conectem governo, universidades, empresas e sociedade civil, aliada a políticas de longo prazo para a modernização industrial e a expansão de oportunidades de trabalho, será decisiva para que Minas Gerais possa se firmar como um polo de referência em inovação e competitividade. Assim, espera-se que a abordagem adotada neste trabalho contribua tanto para embasar futuras pesquisas quanto para subsidiar a formulação de políticas mais eficazes, orientadas à transformação socioeconômica sustentável e inclusiva em todas as microrregiões do estado.

REFERÊNCIAS

- ACEMOGLU, Daron; AUTOR, David. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In: *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4B. Elsevier, 2011, pp. 1044-1157.
- ABREU, M. C. de. *Impactos da inovação na indústria mineira: um estudo de caso do polo industrial de Juiz de Fora*. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2017.
- ALMEIDA, F. *Incentivos fiscais e desenvolvimento regional: uma análise do caso do Sul de Minas*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.
- ALVES, J. N. *Redes de fornecedores e a dinâmica dos clusters industriais em Minas Gerais*. Belo Horizonte: Cedeplar, 2010.
- ASSIS, A. P. de. *Desenvolvimento regional e a busca por novas alternativas econômicas no Vale do Rio Doce*. Ipatinga: Editora Usiminas, 2019.
- BARTIK, A. W. et al. *What jobs are being done at home during the COVID-19 crisis? Evidence from firm-level surveys*. NBER Working Paper, n. 27422, 2020.
- BLOOM, N. et al. *How hybrid working from home works out*. NBER Working Paper, n. 30295, 2022.
- BORJAS, G. J. *Labor Economics*. 7. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- CARDOSO, F. L. *Diversificação econômica em regiões dependentes da mineração: desafios e oportunidades*. Governador Valadares: Editora Univale, 2020.
- CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. São Paulo: Paz e Terra, 2001.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. *Sistemas de inovação: políticas e perspectivas*. Brasília, DF: Parcerias Estratégicas, 2003.
- CLIFF, A. D.; ORD, J. K. *Spatial Processes: Models & Applications*. London: Pion, 1981.
- COOKE, P. *Regional Innovation Systems, Clusters, and the Knowledge Economy*. In: [discussed in literature]; disponível em diversos trabalhos (2001).
- COSTA, I. F. da; CARVALHO, C. V. A. *O cluster metalmecânico do Sul de Minas: desafios e perspectivas*. São Paulo: Editora USP, 2010.
- CROCCO, M. A. et al. *Logística e competitividade: o papel dos custos de transporte no desenvolvimento regional*. São Paulo: Atlas, 2006.
- DANTAS, E. et al. *Integração em cadeias globais de valor: o caso das empresas do Sul de Minas*. Campinas: Editora Unicamp, 2015.

DINGEL, J. I.; NEIMAN, B. *How many jobs can be done at home?* Journal of Public Economics, v. 189, p. 104235, 2020.

DURANTON, G.; PUGA, D. *Micro-foundations of urban agglomeration economies*. In: Handbook of Regional and Urban Economics, v. 4, p. 2063-2117, 2004.

FREEMAN, R. B. *The Overeducated American*. New York Times, 1976.

FREEMAN, R. B. *What Do Unions Do?* New York: Basic Books, 1982.

FURTADO, J.; CARVALHO, R. Q. *Clusters, sistemas locais de inovação e desenvolvimento regional: evidências para o Brasil*. Nova Economia, v. 16, n. 3, p. 319-348, 2006.

GARCIA, R. et al. *Sistemas regionais de inovação no Brasil: uma análise da produção científica*. Revista Brasileira de Inovação, v. 21, n. 1, 2022.

GONÇALVES, M. F. *Inovação e desenvolvimento na Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: CEDEPLAR/UFMG, 2015.

GOTTFRIED, I. S.; WIESNER, R. *Remote work, brawn jobs and the digital divide*. IZA Discussion Paper, n. 14844, 2021.

GRAHAM, P. et al. [Se aplicável, inserir outra referência relevante não listada, se necessário].

HATZICHRONOGLOU, T. *Revision of the high-technology sector and product classification*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, n. 1997/2, Paris: OECD Publishing, 1997.

KRUGMAN, P. *Geography and Trade*. Cambridge, MA: MIT Press, 1991.

LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E. *Glossário de Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais*. Rio de Janeiro: RedeSist, 2003.

MALECKI, E. J. *Technology and Economic Development: The Dynamics of Local, Regional, and National Competitiveness*. Oakland, CA: ICS Press, 1991.

MARTIN, R.; SUNLEY, P. *Deconstructing clusters: chaotic concept or policy panacea?* Journal of Economic Geography, v. 3, n. 1, p. 5-35, 2003.

MORCEIRO, P. C. *Intensidade tecnológica da indústria brasileira: uma análise a partir da nova classificação da OCDE*. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press, 1995.

- OCDE. *Measuring the ICT Sector*. Paris: OECD Publishing, 2001.
- OCDE. *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 3. ed. Paris: OECD Publishing, 2005.
- OCDE. *The Measurement of Scientific and Technological Activities: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development (Frascati Manual)*. 6. ed. Paris: OECD Publishing, 2016.
- OECD. *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2006*. Paris: OECD Publishing, 2006.
- OLIVEIRA, G. B.; RAMOS, C. A. *Arranjos produtivos locais: uma análise da literatura*. Revista de Administração Contemporânea, v. 22, n. 2, p. 228-248, 2018.
- PEROBELLI, F. S. et al. *Desigualdades regionais em Minas Gerais: uma análise multidimensional*. Belo Horizonte: Cedeplar, 2013.
- PEREIRA, R. *Incentivos fiscais e o desenvolvimento sustentável: uma análise crítica*. Brasília: IPEA, 2012.
- PISANO, G. P.; TEECE, D. J. *Collaborative Arrangements and Global Technology Strategy: Some Evidence from the Telecommunications Equipment Industry*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY MANAGEMENT, 1989, Lausanne. Anais... Lausanne: IMD, 1989.
- PORTER, M. E. *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press, 1990.
- RAPINI, M. S. et al. *Sistemas regionais de inovação e desenvolvimento regional no Brasil: uma análise espacial*. Revista de Economia Contemporânea, v. 25, n. 2, 2021.
- RIOBALDO, D. C. *As microrregiões mineiras e suas capacidades inovativas: uma análise exploratória*. Revista Mineira de Desenvolvimento, v. 5, n. 1, p. 1-20, 2023.
- REIS, J. D. dos. *Agronegócio e desenvolvimento regional no Triângulo Mineiro*. Uberlândia: Editora UFU, 2021.
- SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. São Paulo: Abril Cultural, 1982.
- SILVA, J. A. da. *Impactos socioeconômicos da mineração em Minas Gerais: o caso do Quadrilátero Ferrífero*. Ouro Preto: Editora UFOP, 2018.
- STORPER, M. *The Regional World: Territorial Development in a Global Economy*. New York: Guilford Press, 1997.
- SU, Z. et al. *Regional innovation capability and its influencing factors in China: An analysis based on exploratory spatial data analysis*. Technological Forecasting and Social Change, v. 76, n. 6, p. 824-836, 2009.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. *Dynamic Capabilities and Strategic Management*. Strategic Management Journal, v. 18, n. 7, p. 509-533, 1997.

TIDD, J. *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organisational Change*. 2nd ed. Chichester: John Wiley, 2001.

TIDD, J. *Technological Innovation, Organisational Linkages and Strategic Degrees of Freedom*. Technology Analysis and Strategic Management, v. 5, n. 3, p. 273-285, 1993.

TEACE, J. et al. *Dynamic Capabilities and Strategic Management*. Strategic Management Journal, v. 18, n. 7, p. 509-533, 1997.

VERMULM, A. et al. *Indústria 4.0: avanços tecnológicos e impactos no mercado de trabalho brasileiro*. BNDES Setorial, n. 47, p. 5-32, set. 2018.