

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Instituto de Geografia
Programa de Pós-graduação em Geografia

João Benvindo do Amaral

A INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DO
QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG – BRASIL: uma análise a partir da
evolução do uso e ocupação do solo e do desenvolvimento socioeconômico
populacional, entre os anos de 1980 e 2022

Uberlândia
2024

João Benvindo do Amaral

**A INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DO
QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG – BRASIL: uma análise a partir da
evolução do uso e ocupação do solo e do desenvolvimento socioeconômico
populacional, entre os anos de 1980 e 2022**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Autor: João Benvindo do Amaral.

Orientador: Prof. Drº. Silvio Carlos Rodrigues.

Área de concentração: Estudos Ambientais e Geotecnologia.

**Uberlândia
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

A485i
2024 Amaral, João Benvindo do, 1983-
 A influência da mineração nos municípios do quadrilátero ferrífero /
 MG – Brasil [recurso eletrônico] : uma análise a partir da evolução do
 uso e ocupação do solo e do desenvolvimento socioeconômico
 populacional, entre os anos de 1980 e 2022 / João Benvindo do Amaral. -
 2024.

 Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.
 Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de
 Pós-graduação em Geografia.
 Modo de acesso: Internet.
 Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2024.5081>
 Inclui bibliografia.
 Inclui ilustrações.

 1. Geografia. I. Rodrigues, Silvio Carlos, 1965-, (Orient.). II.
 Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em
 Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

 André Carlos Francisco
 Bibliotecário Documentalista - CRB-6/3408


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppgeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br


ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA				
Defesa de:	Tese de Doutorado Acadêmico, Número 278 , PPGGEO				
Data:	11 de dezembro de 2024	Hora de início:	08h:00min.	Hora de encerramento:	12h:30min.
Matrícula do Discente:	12113GEO007				
Nome do Discente:	JOÃO BENVINDO DO AMARAL				
Título do Trabalho:	A INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS MUNICÍPIOS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO - MG - BRASIL: UMA ANÁLISE A PARTIR DA EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E DO DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO POPULACIONAL, ENTRE OS ANOS DE 1980 E 2022				
Área de concentração:	DINÂMICAS TERRITORIAIS E ESTUDOS AMBIENTAIS				
Linha de pesquisa:	ESTUDOS AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se no Campus Santa Mônica (Online - conferenciaweb.rnp.br), no Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva (IGESC) da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em **GEOGRAFIA**, assim composta: Professores Doutores: [Alecir Antônio Maciel Moreira - PUC-MINAS](#); [Jorge Batista de Souza - PUC-MINAS](#); [Vanderlei de Oliveira Ferreira - IGESC-UFU](#); [João Vitor Meza Bravo - IGESC-UFU](#) e [Sívio Carlos Rodrigues - IGESC-UFU](#) (orientador do candidato). Os membros participaram de forma remota.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, [Professor Sívio Carlos Rodrigues - IGESC-UFU](#), apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta ocorreram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **Doutor**.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente Ata que após lida foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Jorge Batista de Souza, Usuário Externo**, em 11/12/2024, às 10:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Vitor Meza Bravo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/12/2024, às 11:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Silvio Carlos Rodrigues, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/12/2024, às 11:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanderlei de Oliveira Ferreira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/12/2024, às 11:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alecir Antônio Maciel Moreira, Usuário Externo**, em 12/12/2024, às 11:36, 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 https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5882877** e o código CRC **D9EB7121**.

João Benvindo do Amaral

A INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG – BRASIL: uma análise a partir da evolução do uso e ocupação do solo e do desenvolvimento socioeconômico populacional, entre os anos de 1980 e 2022

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Banca Examinadora:

Prof. Drº. Silvio Carlos Rodrigues (PPGEO - UFU - Orientador).

Prof. Drº. Alecir Antônio Maciel Moreira (PPGE – Tratamento da Informação Espacial - PUC –
Minas).

Prof. Drº. João Vitor Meza Bravo (PPGEO - UFU).

Prof. Drº. Jorge Batista de Souza (PPGE – Tratamento da Informação Espacial - PUC – Minas).

Prof. Drº. Vanderlei de Oliveira Ferreira (PPGEO - UFU).

Uberlândia 11 de dezembro de 2024

A minha querida e maravilhosa família presentes e falecidos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, como cristão que sou, agradeço a Deus pela força que me deu nos momentos de incerteza e aflito.

Posteriormente a minha família presentes e falecidos. Minha linda filha Dianinha, minha amada esposa Bruna Guedes, e ainda aos meus falecidos pais, José Sudário e Maria Emília e minha querida irmã Rosana Maria. Estendo também meus agradecimentos aos familiares da minha esposa e minha irmã

Igualmente agradeço a toda equipe da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do município de Ribeirão das Neves pelo incentivo e ajuda.

Agradeço também de forma muito especial meu orientador, Professor Doutor Sílvio Carlos Rodrigues, pelo acolhimento e orientação que tive em um momento de incerteza no curso de pós-graduação. Igualmente agradeço pelas orientações que tive do meu primeiro orientador Professor Doutor Luiz Antônio de Oliveira. Estendo esse agradecimento a todos os alunos, professores e servidores do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, em particular ao colega de turma Luiz Humberto pelo apoio e companheirismo.

Por fim, agradeço também aos componentes da banca pelo aceite do convite para a defesa da tese.

“O valor do trabalho do pesquisador traduz, portanto, a combinação de dois ingredientes: imaginação e coragem para arriscar na busca do incerto”. (Celso Furtado em “O Capitalismo Global”, 1998, p.10).

RESUMO

A dinâmica existente entre o Meio Ambiente, a Mineração e o Desenvolvimento Sustentável é dicotômica. Essa relação é materializada de um lado como uma maldição ou “doença econômica” e de outra como uma dádiva ou trampolim para o desenvolvimento. Assim, surge uma problemática: minério-dependência é uma maldição ou uma dádiva para os municípios do Quadrilátero Ferrífero. Nesse contexto, o objeto de análise desta pesquisa são os 35 municípios que compõem a região do Quadrilátero Ferrífero, localizado no estado de Minas Gerais - Brasil. Desse modo, o objetivo principal deste trabalho é analisar a influência da mineração nos municípios da região do Quadrilátero Ferrífero, a partir da evolução do uso e ocupação do solo e do desenvolvimento socioeconômico-populacional entre os decênios de 1980 a 2022, tendo como norteadoras as dimensões do Desenvolvimento Sustentável. Para isso, foram analisados os dados de uso e ocupação do solo entre 1980 e 2020 tendo como fonte principal a plataforma MapBiomas, por meio do cálculo do Grau de Dinâmico de Uso da Terra - GDUT (Dimensões Ambiental e Espacial). E ainda indicadores socioeconômicos e populacionais dos municípios da região do Quadrilátero Ferrífero, aplicando-se a técnica matemático-estatística Análise de Componentes Principais - ACP. A partir disso, nas dimensões ambiental e espacial do Desenvolvimento Sustentável nenhum município foi considerado sustentável e a maior parte foi classificada como não sustentável. Nas dimensões socioeconômica e populacional a maior parte dos municípios foi considerada parcialmente sustentável com tendência a não serem sustentáveis. Na classificação final levando em consideração todas as dimensões é possível ponderar que na região existem municípios dependentes e municípios parcialmente dependentes da mineração. Para os dependentes a mineração é uma maldição / doença econômica que barra o desenvolvimento sustentável e para os municípios considerados parcialmente dependentes ainda podem se valer da mineração para o desenvolvimento. Logo, cabe aos atores sociais, públicos e até econômicos, buscarem nas instâncias decisórias meios para que os ganhos advindos da extração mineral possam atuar no desenvolvimento, em especial, o sustentável dos municípios da região do Quadrilátero Ferrífero.

Palavras chave: Mineração, Desenvolvimento Sustentável e Quadrilátero Ferrífero.

ABSTRACT

The dynamics between the Environment, Mining and Sustainable Development are dichotomous. This relationship is materialized on the one hand as a curse or “economic disease” and on the other as a gift or springboard for development. Thus, a problem arises: is mineral dependence a curse or a gift for the municipalities of the Quadrilátero Ferrífero? In this context, the object of analysis of this research is the 35 municipalities that make up the Quadrilátero Ferrífero region, located in the state of Minas Gerais - Brazil. Thus, the main objective of this work is to analyze the influence of mining in the municipalities of the Iron Quadrangle region, based on the evolution of land use and occupation and socioeconomic-population development between the decades of 1980 and 2022, guided by the dimensions of Sustainable Development. To this end, data on land use and occupation between 1980 and 2020 were analyzed, using the MapBiomas platform as the main source, by calculating the Dynamic Land Use Degree - DLUD (Environmental and Spatial Dimensions). And also socioeconomic and population indicators of the municipalities in the Quadrilátero Ferrífero region, applying the mathematical-statistical technique Principal Component Analysis - PCA. From this, in the environmental and spatial dimensions of Sustainable Development, no municipality was considered sustainable and most were classified as unsustainable. In the socioeconomic and population dimensions, most municipalities were considered partially sustainable with a tendency to be unsustainable. In the final classification, taking into account all dimensions, it is possible to consider that in the region there are municipalities that are dependent and municipalities that are partially dependent on mining. For those that are dependent, mining is an economic curse/disease that hinders sustainable development, and for the municipalities considered partially dependent, they can still use mining for development. Therefore, it is up to social, public and even economic actors to seek means in decision-making bodies so that the gains from mineral extraction can act in the development, especially the sustainable development of the municipalities in the Quadrilátero Ferrífero region.

Keywords: Mining, Sustainable Development and Quadrilátero Ferrífero.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos municípios que compõem o Quadrilátero Ferrífero.	20
Figura 2 - Localização do conjunto de serras que formam o Quadrilátero Ferrífero.	22
Figura 3 – Renda mineral como variável estratégica para o desenvolvimento.	36
Figura 4 – Fluxograma metodológico do capítulo.....	51
Figura 5 – Principais unidades do relevo do QF.	57
Figura 6 – Mapa da variabilidade climática segundo Köppen.	59
Figura 7 – Coleção de mapas da distribuição espacial do GDUT dos elementos naturais nos municípios da região do QF.	73
Figura 8 – Coleção de mapas Mapa da distribuição espacial do GDUT dos elementos antrópicos nos municípios da região do QF.....	76
Figura 9 – Coleção de mapas da distribuição espacial da exploração de Ferro, Ouro, Manganês e Alumínio nos municípios da região do QF.....	78
Figura 10 – Mapa da Classificação do nível de sustentabilidade dos municípios da região do QF das dimensões ambiental e espacial.....	86
Figura 11 – Fluxograma metodológico do capítulo.....	96
Figura 12 – Evolução da Estrutura Etária do QF.....	106
Figura 13 – Evolução da média do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e do Índice Mineiro de Responsabilidade Social e seus sub índices da região do QF.....	109
Figura 14 – Mapa da classificação do nível de dependência da mineração nos municípios da região do QF.....	116
Figura 15 – Localização da área urbana e de mineração em Itabira – MG.	126
Figura 16 – Mapa comparativo entre o nível de DS numérico e o reclassificado.....	128
Figura 17 – Localização dos municípios considerados parcialmente sustentáveis com tendência a serem sustentáveis.	132
Figura 18 – Localização dos municípios considerados parcialmente sustentáveis com tendência a não serem sustentáveis.....	136
Figura 19 – Localização dos municípios considerados não sustentáveis.	139
Figura 20 – Localização das Unidades de Conservação na região do QF.....	141
Figura 21 - Evolução das classes de uso e ocupação do solo na região do QF.	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado do cálculo do GDUT para ferro, ouro, manganês e alumínio na região do QF.....	71
Tabela 2 – Resultados do Índice de Situação Socioeconômico-Populacional - ISSEP dos municípios do QF.....	111
Tabela 3 - Resultados do Índice de Situação Socioeconômico-Populacional - ISSEP dos municípios do QF.....	113
Tabela 4 - Resultados do Índice de Situação Socioeconômico-Populacional - ISSEP dos municípios do QF.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Proposta de classificação quanto ao nível de desenvolvimento sustentável.	43
Quadro 2 – Reclassificação das classes de uso do solo.....	52
Quadro 3 – Critérios para classificação do nível de sustentabilidade dos municípios do QF. Fonte: Elaboração própria, 2024.	55
Quadro 4 – Variáveis coletadas para a construção do ISSEP.....	99
Quadro 5 – Critérios para classificação do nível de sustentabilidade dos municípios do QF das dimensões social, econômica e populacional.	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.....	61
Gráfico 2 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.....	61
Gráfico 3 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.....	62
Gráfico 4 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.....	63
Gráfico 5 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.....	63
Gráfico 6 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.....	65
Gráfico 7- Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.....	65
Gráfico 8 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.....	66
Gráfico 9 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.....	66
Gráfico 10 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.....	67
Gráfico 11 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.....	68
Gráfico 12 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.....	69
Gráfico 13 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.....	70
Gráfico 14 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.....	70
Gráfico 15 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.....	71
Gráfico 16 – Evolução Populacional Total da região do QF.	104
Gráfico 17 – Evolução da taxa de crescimento geométrico do QF e de Minas Gerais.....	105
Gráfico 19 – Evolução do PIB por setores econômicos da Região do Quadrilátero Ferrífero.	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP – Análise de Componentes Principais.

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CFEM – Compensação Financeira pela Exploração Mineral.

CPRM - Serviço Geológico Brasileiro.

GDUT – Grau Dinâmico de Uso da Terra.

GVF - Goodness of Variance Fit.

DS - Desenvolvimento Sustentável.

ICME - International Council on Metals and the Environment.

IPEA - Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas.

TEM - Ministério do Trabalho e Emprego.

MMSD - Mining, Minerals and Sustainable Development.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

PNUD: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

QF – Quadrilátero Ferrífero.

RAIS - Relação Anual de Informações Sociais.

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.

FE – Ferro.

AU – Ouro.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL DA PESQUISA.....	18
1.1 Objeto de pesquisa, a escala temporal e a justificativa	19
1.2 Indagação, hipótese e objetivos de pesquisa	22
2. CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE A MINERAÇÃO, O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	24
2.1 Introdução do capítulo.....	24
<i>2.1.1 Aspectos Metodológicos do capítulo</i>	<i>25</i>
<i>2.2.1 A mineração no mundo.....</i>	<i>27</i>
<i>2.2.2 A Mineração na região do QF.....</i>	<i>28</i>
2.3 Mineração e Meio Ambiente	30
2.4 A Mineração e o Desenvolvimento Sustentável.....	33
<i>2.4.1 A Mineração como uma maldição.....</i>	<i>34</i>
<i>2.4.2 A Mineração como dádiva / trampolim para o desenvolvimento</i>	<i>36</i>
2.5 Mineração, Meio Ambiente e DS: considerações metodológicas.....	39
2.6 Mineração, Meio Ambiente e DS: uma proposta metodológica	41
2.7 Considerações Finais do Capítulo	44
3. CAPÍTULO 2: A EVOLUÇÃO DAS DIMENSÕES AMBIENTAL E ESPACIAL DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG, ENTRE OS ANOS DE 1985 A 2020	46
3.1 Introdução do capítulo.....	46
3.2 A mineração e as transformações no uso e ocupação do solo	47
3.3 Aspectos Metodológicos do capítulo.....	50
<i>3.3.1 Dados coletados e suas fontes para análise da evolução do uso e ocupação do solo no Q.F</i>	<i>51</i>
<i>3.3.2 Tratamento dos dados para análise da evolução do uso e ocupação do solo na região do Q.F</i>	<i>53</i>
3.4 Breve caracterização Físico-natural da região de análise	56
3.5 A evolução do uso e ocupação do solo e a Dimensão Ambiental do Desenvolvimento Sustentável nos municípios da Região do QF	59
<i>3.5.1 A evolução dos usos e ocupações dos elementos naturais nos municípios da região do QF</i>	<i>60</i>
<i>3.5.2 A evolução dos usos e ocupações dos elementos antrópicos nos municípios da região do QF</i>	<i>64</i>
<i>3.5.3 A evolução dos usos e ocupações da mineração, nos municípios da região do QF</i>	<i>67</i>
3.6 A evolução do uso e ocupação do solo e a Dimensão Espacial do Desenvolvimento Sustentável nos municípios da Região do QF	72
<i>3.6.1 A evolução espacial dos usos e ocupações dos elementos naturais nos municípios da Região do QF.....</i>	<i>72</i>
<i>3.6.2 A evolução espacial dos usos e ocupações dos elementos antrópicos nos municípios da Região do QF.....</i>	<i>75</i>

3.7 Análise dos resultados da evolução dos usos e ocupações e as Dimensões Ambiental e Espacial do Desenvolvimento Sustentável nos municípios da região do QF.....	79
3.7.1 A mineração e a perda de elementos naturais nos municípios da região do QF.....	79
3.7.2 A mineração e o ganho de elementos antrópicos nos municípios da região do QF	82
3.7.3 Classificação dos municípios quanto a sua sustentabilidade pelas dimensões ambiental e espacial.....	84
3.8 Considerações Finais do capítulo	87
4. CAPÍTULO 3: A EVOLUÇÃO DAS DIMENSÕES ECONÔMICA, SOCIAL E POPULACIONAL DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG, ENTRE OS ANOS DE 1980 E 2022	89
4.1 Introdução do capítulo	89
4.2 A Mineração e Desenvolvimento Socioeconômico – Populacional.....	90
4.2.1 Desenvolvimento Econômico	91
4.2.2 Desenvolvimento Social.....	92
4.2.3 Desenvolvimento Populacional.....	93
4.2.4 As dimensões econômica, social e populacional do DS e a mineração.....	94
4.3 Aspectos Metodológicos do capítulo	95
4.3.1 Dados coletados e suas fontes	96
4.3.2 Tratamento dos dados.....	98
4.4 Breve caracterização Socioeconômica – Populacional da região de análise	103
4.5 Resultados e Análises da Evolução das Dimensões Econômica, Social e Populacional do DS nos municípios do QF.....	110
4.5.1 Resultados da evolução do ISSEP entre 1980 e 2022	110
4.5.2 Municípios dependentes parcialmente da atividade minerária e seu nível de DS	115
4.5.3 Municípios dependentes da atividade minerária e seu nível de DS.....	124
4.6. Considerações Finais do capítulo	129
5. CAPÍTULO 4: A EVOLUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO NA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG – BRASIL, ENTRE OS ANOS DE 1980 A 2022.....	131
5.1 Municípios Sustentáveis.....	131
5.2 Municípios Parcialmente Sustentáveis com tendência a serem Sustentáveis	131
5.3 Municípios Parcialmente Sustentáveis com tendência a não serem Sustentáveis	135
5.4 Municípios Não Sustentáveis	138
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE.....	144
REFERÊNCIAS	146
ANEXO:	157
APÊNDICE:	169

1. INTRODUÇÃO GERAL DA PESQUISA

A evolução humana vem sendo modelada de acordo com suas necessidades, onde no início o principal objetivo era a sobrevivência. Para isso existia a coleta, a caça e o encontro de abrigo, para proteção das intempéries e de outros animais. Com o domínio da agricultura teve início uma revolução na relação homem – natureza, e foi neste momento que o ser humano passou, de parte dela, para tentar dominá-la e imitá-la. Essa evolução, na sua relação com o Meio Ambiente e o Espaço Geográfico, vem evoluindo até os dias de hoje, pois cada vez mais esse ambiente espacial é técnico-científico-informacional (Santos, 1994). É nessa perspectiva que uma atividade antrópica se destaca, como influenciadora das modificações ambientais, espacial, socioeconômicas e populacionais, a **Mineração**.

A atividade minerária desempenha influências múltiplas no Meio Ambiente. Meio esse que é formado pelas relações entre a sociedade e a natureza. A influência da mineração no Ambiente pode ser percebida e materializada por meio da evolução do uso e ocupação do solo. E igualmente pela evolução do desenvolvimento socioeconômico-populacional de determinado espaço geográfico.

A mineração transforma intensamente o ambiente onde se instala. Essas transformações são observadas localmente, com o surgimento de vários impactos ambientais negativos e a degradação ambiental. Em especial nas escalas local, municipal e regional, por exemplo, no fomento à urbanização e outros setores econômicos, como a indústria e a agropecuária. Os resultados são alterações significativas no ambiente, nos quais meios que antes eram considerados de ocupação naturais, agora são de uso antrópico.

Essas mudanças ambientais promovidas pela atividade minerária, são aceitas pela sociedade, devido principalmente aos seus atrativos financeiros, por meio, da chamada no Brasil de Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM, a que os agentes político-administrativos estão sujeitos. Mensalmente os municípios mineradores recebem uma compensação devido à atividade mineradora em seu território. Segundo a legislação vigente, em específico a Lei Federal nº 8.001 de 1990, é definido que, preferencialmente 20% dos valores da CFEM, devam ser investidos “em projetos, que direta ou indiretamente revertam em prol da comunidade local, na forma de melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde e educação” (BRASIL, 1990). Através dos ganhos financeiros advindos da mineração, o sistema

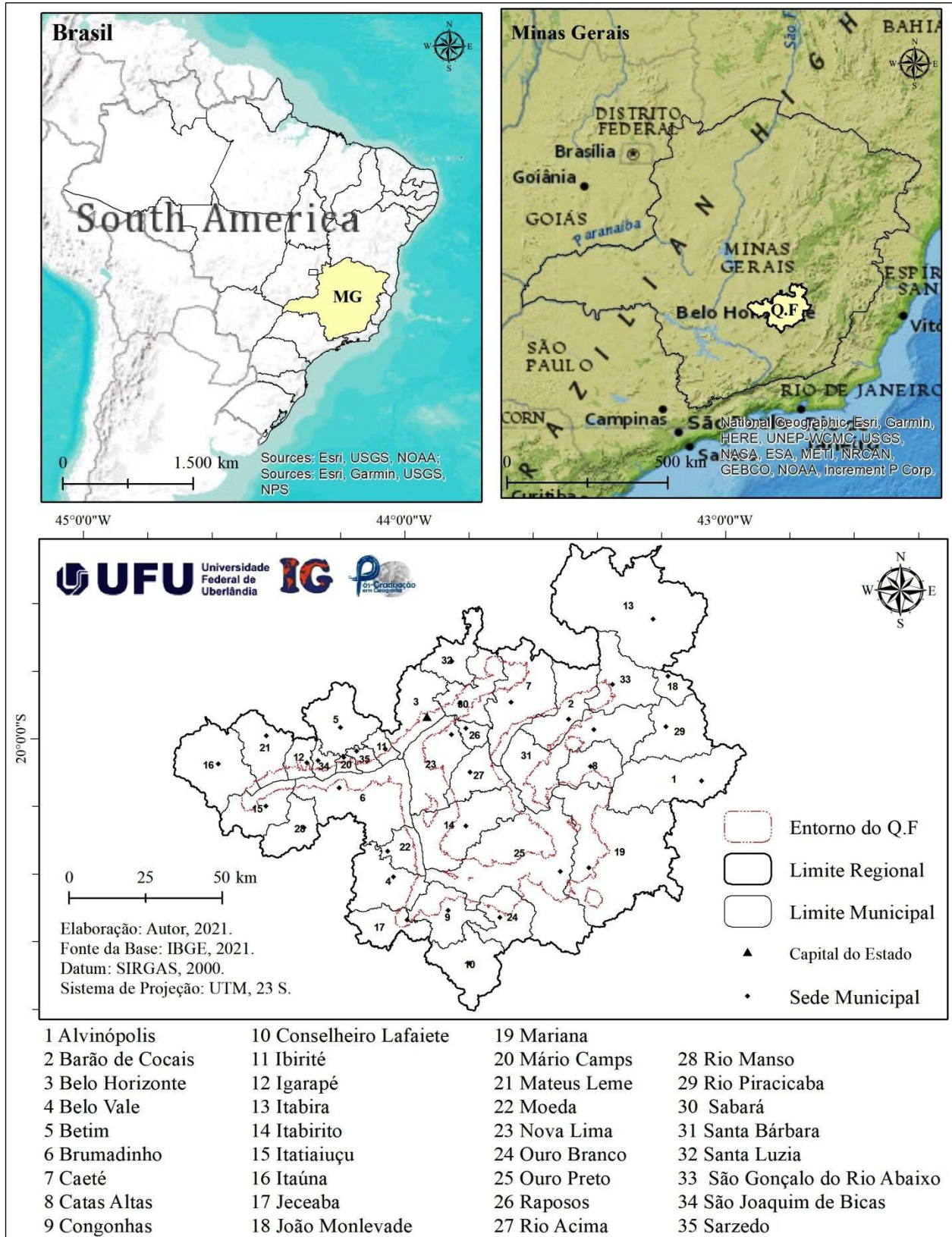
político “tenta” impulsionar o desenvolvimento socioeconômico-populacional, onde ocorre a atividade mineradora. Entretanto, tal situação pode criar uma dependência expressiva de uma atividade econômica que é finita.

Desse modo, a influência da mineração no meio ambiente, no espaço geográfico, na economia, na questão social e na populacional, pode ser analisada a partir da ideia do Desenvolvimento Sustentável - DS (a partir deste momento, para efeito de simplificação, a sigla DS será utilizada para designar Desenvolvimento Sustentável). O principal objetivo / conceito de DS é o de “garantir que a geração atual atenda às suas necessidades sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem também às suas” (PNUMA, 1987, p. 9). Esse conceito é encontrado no *Relatório Brundtland*, “Nosso Futuro Comum” do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA. Portanto, a partir desse conceito, a mineração sendo uma atividade finita, gera uma dicotomia. Essa oposição reside na conceituação de que a mineração pode ser uma dádiva, uma maldição e (Enríquez, 2007).

1.1 Objeto de pesquisa, a escala temporal e a justificativa

Nesse sentido, uma região do estado de Minas Gerais se destaca, devido a sua relação intrínseca com a mineração, é a do Quadrilátero Ferrífero (a partir deste momento, para efeito de simplificação, a sigla QF será utilizada para designar Quadrilátero Ferrífero). Essa região, nesta pesquisa, congrega 35 municípios localizados na porção central do estado de Minas Gerais (Figura 1). A região é uma das maiores áreas de extração mineral do Brasil, em especial minério de ferro. A extensão da atividade minerária impõe impactos socioambientais de diversas ordens, tais como poluição do ar, das águas e a supressão de habitats, etc. Dessa forma, optou-se nesta em estabelecer o uso do solo como o melhor indicador para avaliar as transformações ambientais e espaciais, e ainda para verificar o desenvolvimento socioeconômico populacional pode-se utilizar indicadores e conjunto com métodos matemático-estatísticas. Logo, o objeto empírico de análise desta pesquisa são os 35 municípios que compõem a região do QF.

Figura 1 – Localização dos municípios que compõem o Quadrilátero Ferrífero.



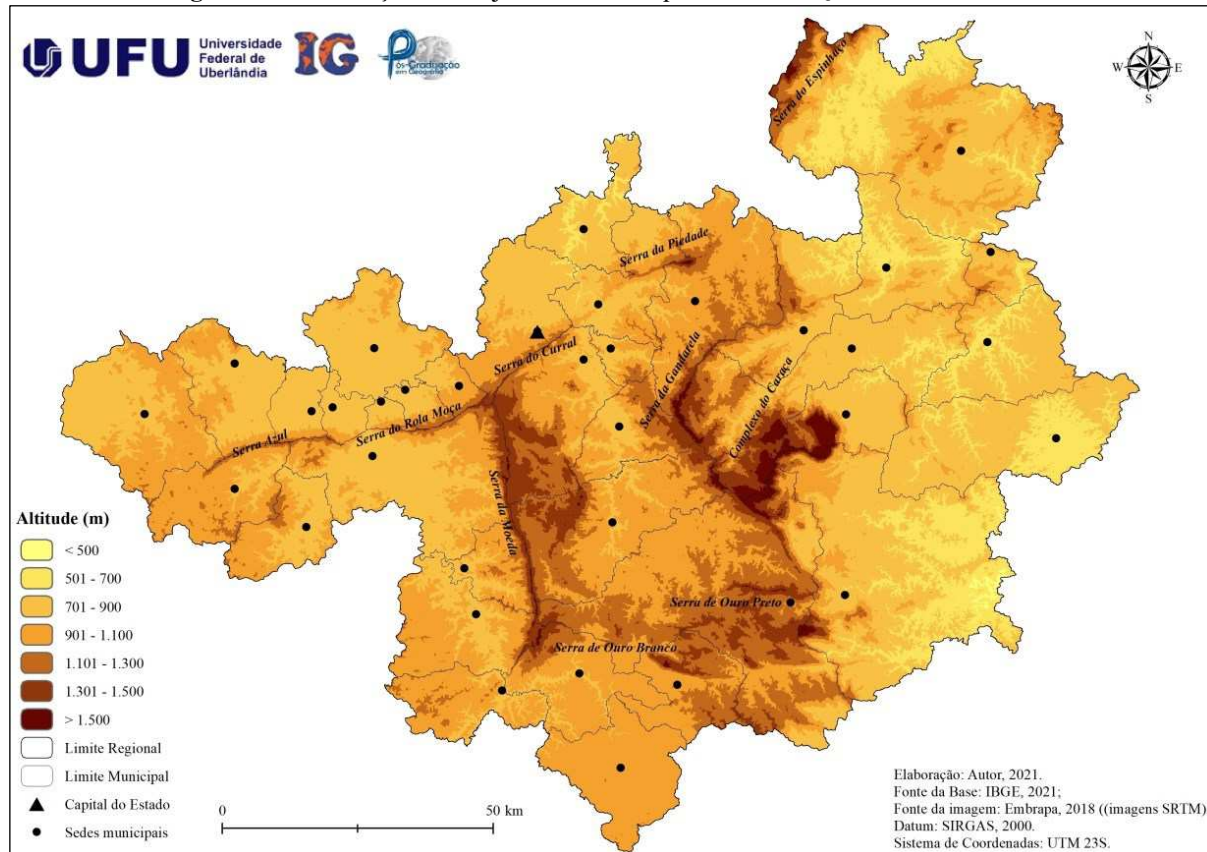
Fonte: Autor, 2024.

É necessário ponderar que foi delimitada também uma escala temporal de análise desses 35 municípios. A história da mineração na região do QF existe há aproximadamente mais de 300 anos. Todavia, para essa pesquisa convencionou-se analisar os dados de uso e ocupação do solo dos anos de 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020 e ainda dados socioeconômico-populacionais dos anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022. Esses anos de estudo foram escolhidos, devido principalmente, a sua disponibilidade de coleta e de alinhamento entre os dados de ocupação e socioeconômicos-populacionais. Por conseguinte, mesmo que a história entre a mineração e o QF seja antiga, a escala temporal escolhida de aproximadamente 40 anos possibilita traçar um panorama atual sobre a influência da mineração nos municípios da região do QF.

A nomenclatura “Quadrilátero” é devido ao arranjo geométrico de sua morfoestrutura, a qual foi utilizada, em princípio, em 1933, pelo geólogo Luiz Flores de Moraes Rego (Azevedo *et al*, 2012, p. 186). Do ponto de vista físico – natural, a região é formada pelo conjunto de oito serras. No norte estão a Serra do Curral, a Serra do Rola Moça, a Serra da Piedade, a Serra do Espinhaço e a Serra Azul, no oeste encontra-se a Serra da Moeda, no leste o Complexo do Caraça e a Serra da Gandarela e no sul a Serra de Ouro Branco e a Serra de Ouro Preto (Figura 2). Já do ponto de vista político-administrativo, nesta pesquisa, definiu-se a região, por meio da agregação de 35 municípios, os quais têm relação de dependência e parcial dependência com a atividade minerária (ver Figura 1).

De início, o QF foi uma região de atração de recursos financeiros e de pessoas, devido à descoberta de ouro. A exploração de ouro na região se deu principalmente entre 1.730 e 1.760. Contudo, após esse período, com a escassez deste recurso, a região sofreu um drástico declínio no seu nível de importância. Não obstante, após o período aurífero outro recurso mineral começou a ser explorado, o que elevou novamente o status e importância da região, no caso o ferro (Fe), na forma de minério. O uso do minério de ferro é de significativa importância, tanto no Brasil, como no mundo. Isso devido à demanda da liga metálica denominada de aço, que é formada pela junção entre o ferro e o manganês. Essa liga metálica é largamente utilizada em vários setores econômicos, principalmente na construção civil. Logo, é fundamental analisar a relação entre o meio ambiente, DS e a mineração no contexto da região do QF, em específico sua evolução nos últimos 40 anos, uma vez que, a região se tornou um polo de atração para empresas e pessoas, que pretendem se beneficiar da exploração dos recursos minerais locais.

Figura 2 - Localização do conjunto de serras que formam o Quadrilátero Ferrífero.



Fonte: Autor, 2024.

1.2 Indagação, hipótese e objetivos de pesquisa

Ao analisar as influências da mineração no QF, a partir do conceito de DS, surge uma indagação / problema e conseqüentemente uma hipótese / resposta. A indagação principal é: **A exploração minerária é uma dádiva (efeitos positivos) ou uma maldição (efeitos negativos) para os municípios da região do QF?** Nesse sentido, pode-se ponderar a seguinte hipótese: **em um primeiro momento a minério-dependência é uma dádiva, mas quando é inserida a questão da sustentabilidade ela se torna uma maldição para os municípios da região do QF.**

A partir disso, o objetivo principal deste trabalho é **analisar a influência da minério-dependência nos municípios da região do QF, a partir da evolução do uso e ocupação do solo e do desenvolvimento socioeconômico-populacional entre os decênios de 1980 a 2022, tendo como norteador as dimensões do Desenvolvimento Sustentável.**

Ademais, é necessário definir os objetivos específicos da pesquisa, os quais são:

- Caracterizar e classificar a influência da mineração nas dimensões Ambiental e Espacial dos municípios da região do QF, a partir da análise da evolução do uso e ocupação do solo, entre os anos de 1985 e 2020;
- Caracterizar e classificar a influência da mineração nas dimensões Econômica, Social e Populacional nos municípios da região do QF, a partir da evolução do Desenvolvimento Socioeconômico, entre os anos de 1980 e 2022 e;
- Classificar os municípios da região do QF quanto ao seu nível de desenvolvimento sustentável e de dependência da mineração, por meio da evolução do uso e ocupação do solo e do desenvolvimento socioeconômico-populacional;

Assim, a presente tese é estruturada em quatro capítulos. A partir disso é importante destacar que os capítulos um, dois e três foram elaborados seguindo a formatação padrão de artigos científicos, com o objetivo de viabilizar futuras publicações em periódicos especializados na temática abordada. O trabalho seguiu os parâmetros definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio das Normas Brasileiras – NBR 10520/2002, 14724/2011, 6024/2012, 6027/2013, 6023/2018 e 6028/2021.

O capítulo um é destinado a uma discussão teórico-metodológica sobre os temas: Mineração, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Já o capítulo dois é dedicado a analisar a evolução ambiental e espacial do uso e ocupação do solo dos elementos naturais e antrópicos, em nível municipal, sua relação com a mineração, entre os anos de 1985 e 2020 e a classificação de cada município quanto ao seu nível de DS, tendo como norte as dimensões Ambiental e Espacial do DS. No capítulo três foi analisada a relação entre a mineração e a evolução do desenvolvimento socioeconômico-populacional dos municípios da região, entre os anos de 1980 e 2022, igualmente classificando cada município quanto ao seu nível de DS, tendo como norteadoras as dimensões Econômica, Social e Populacional do DS. Por fim, no capítulo quatro os municípios foram classificados quanto ao seu nível de DS, levando em consideração todas as suas dimensões Ambiental, Espacial, Econômica, Social e Populacional.

2. CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE A MINERAÇÃO, O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.1 Introdução do capítulo

A mineração é uma atividade desenvolvida pela sociedade, a qual exerce forte pressão sobre o Meio Ambiente e conseqüentemente nas dimensões relacionadas ao DS. Essa pressão é caracterizada pelas mudanças ambientais, espaciais, econômicas, sociais e populacionais que a mineração engendra, principalmente no nível municipal. Devido a isso, a atividade minerária gera visões antagônicas sobre seu papel na relação entre a Natureza, à Sociedade e o DS, pois de um lado ela pode ser considerada uma dádiva, e de outro uma maldição (Enríquez, 2007).

A dicotomia da mineração é devido ao seu duplo impacto sobre a região de extração, sendo um positivo e outro negativo. Por um lado, ela é uma importante fonte de receitas, advindas de impostos e *royalties*, que podem ser direcionados para o desenvolvimento estadual e municipal, em áreas como a agropecuária e a indústria não minerária. Ao mesmo tempo, a extração mineral está associada a sérios problemas ambientais e de dependência econômica (esgotamento do solo, baixa qualidade de vida e problemas ambientais) (Shavina, Prokofev, 2020, p. 2).

Nesse sentido, faz-se necessário ponderar de forma teórica e metodológica a relação existente entre a Mineração, o Meio Ambiente, e as dimensões que envolvem o DS, ou seja, a Ambiental, a Econômica e a Social. Isso a partir do conceito / objetivo do DS, o qual é o de garantir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem também às suas necessidades (PNUMA, 1987, p. 09). Contudo, além das dimensões clássicas do DS faz-se necessário incluir as dimensões espacial e populacional.

É fundamental abordar, discutir e sugerir metodologias que analisem a influência da mineração no ambiente, na sociedade e no DS. E assim, buscar uma avaliação/ classificação, municipal, estadual ou regional dos níveis de sustentabilidade, que abrangem as dimensões do DS, incluso a espacial e a populacional. Logo, podem-se utilizar métodos matemático-estatísticos, a fim de verificar se as unidades espaciais em análise, por exemplo, os municípios são sustentáveis, parcialmente sustentáveis ou não sustentáveis.

Desse modo, o objetivo principal deste capítulo é **discutir os conceitos e as relações entre os temas: Mineração, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**. Para isso, também foram definidos três objetivos específicos, a saber:

- Discutir a relação entre mineração, ambiente e DS;
- Debater sobre a mineração ser uma maldição (impacto negativo) ou uma dádiva (impacto positivo) nas áreas de mineração e;
- Sugerir uma metodologia de avaliação e classificação de municípios, estados e regiões mineradoras, tendo como norte as dimensões do DS.

2.1.1 Aspectos Metodológicos do capítulo

A metodologia deste capítulo pode ser dividida em duas partes. A primeira foi à busca sistemática de referências teóricas e metodológicas sobre os temas centrais da pesquisa. E a segunda foi dedicada à sugestão de uma metodologia para avaliar e classificar unidades espaciais, por exemplo, municípios, quanto ao seu nível de sustentabilidade e dependência em relação à mineração, tendo como base as dimensões do DS, acrescidas das dimensões espacial e populacional.

A busca por referências teóricas e metodológicas foi realizada em publicações periódicas, livros, dissertações e teses. Foram fundamentais dois portais de busca, o Google Acadêmico e o Portal de Periódicos da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Nestes portais foram buscados três verbetes, o primeiro foi “Mineração e Meio Ambiente”; o segundo “Mineração e Desenvolvimento Sustentável” e o terceiro “Mineração, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável”. É necessário ponderar que as principais referências utilizadas nesta pesquisa são: a tese de doutorado da Professora Doutora Maria Amélia Rodrigues da Silva Enríquez, intitulada “Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira”, datada de 2007 e o livro *Processos Interativos Homem – Meio Ambiente* de David Drew de 1983.

A pesquisa também propôs uma sistemática metodológica para avaliação e classificação de unidades espaciais, quanto ao nível da sustentabilidade e dependência da mineração. A fim de alcançar estas avaliações / classificações foram inseridas referências quanto ao cálculo do **Grau Dinâmico de Uso da Terra – GDUT** e a técnica de análise multivariada **Análise de**

Componentes Principais - ACP. Logo, esta parte da pesquisa pode ser classificada como exploratória realizada por meio de levantamento bibliográfico (Gil, 1991, p. 45).

2.2 A Mineração – um breve histórico no mundo e na região do QF

A atividade minerária é parte integrante do setor econômico denominado de extrativismo. Essa atividade é desenvolvida pelo homem em vários locais diferentes pelo mundo. Isso graças à disponibilidade de recursos minerais advindos de todos os eventos tectônicos, vulcânicos, climáticos etc., que moldaram o planeta durante bilhões de anos. A mineração pode ser definida como o processo de extração de minerais com algum valor monetário das rochas, do solo e do subsolo (Pessoa, 2006, p. 35). A palavra mineração é originária do latim medieval “*mineralis*”, o que significa mina e minerais. Essa é derivada da ação de cavar, onde foi criado o verbo “*minar*”, no século XVI (ANM, 2023).

Ademais, é necessário conceituar alguns termos comuns à atividade mineral. Primeiramente, o termo mineral é um “corpo natural, que se forma por combinações físico-químicas realizadas entre os elementos químicos na natureza, possuindo estrutura cristalina” (Castro, Nalini Júnior, Lima, 2011, p. 24). E ainda “é todo corpo inorgânico de composição química e de propriedades físicas definidas, encontrado na crosta terrestre” (Pessoa, 2006, p. 36). Já o minério é um:

(...) agregado de minerais metálicos e/ ou não metálicos que podem ser economicamente extraídos (...), o teor de um minério é (...) considerado economicamente significativo se o metal, ou o material útil, recuperado gerar uma receita suficiente para cobrir seus custos de extração, concentração e fundição (ANM, 2023).

Além desses, para o entendimento da mineração, é fundamental ter em mente os seguintes conceitos:

Mina é a cavidade artificial feita na terra para facilitar a extração de minério. É a jazida em lavra;
 Jazida é toda massa individualizada de substância mineral ou fóssil, de valor econômico, aflorando à superfície ou existente no interior da terra;
 Lavrar é o ato de explorar bens minerais ou fósseis das minas;
 Exploração consiste na retirada do minério;
 Cava é o local onde é realizada a escavação;
 Rocha é um agregado de minerais resultante de um processo geológico e;

Metal é um elemento químico que é bom condutor de calor e eletricidade e que forma ligações com não metais (Castro, Nalini Júnior, Lima, 2011, p. 25).

Por fim, todos esses conceitos dizem respeito ao extrativismo mineral, que nasceu juntamente com a sociedade humana.

2.2.1 A mineração no mundo

A mineração é uma das primeiras atividades pré-industriais realizada pelo homem. Sua história está ligada ao desenvolvimento, fixação e evolução da sociedade em várias regiões do planeta. Essa atividade foi, e ainda é fundamental no contexto histórico do mundo.

A história da civilização humana se confunde com a exploração dos recursos naturais, em especial os advindos do extrativismo mineral, vegetal e animal. Dentro do extrativismo mineral, a mineração é uma das atividades mais antigas desenvolvidas pela sociedade e está presente em grande parte da história do homem. As primeiras experiências são datadas da pré-história, com a utilização de argila para confecção de utensílios de cerâmica. No Egito antigo (3.000 a.C) já se trabalhava a mineração de cobre e turquesa, e é sabido que os fenícios já exploraram minas de estanho (Pessoa, 2006, p. 27 e 28).

Os métodos de mineração também vêm evoluindo com o tempo. No Oriente Médio (3.000 a.C), na Idade do Bronze, já existia o beneficiamento de minerais para metalurgia. Na Idade do Ferro (Fe) (2.000 a.C) os romanos utilizavam esse mineral na metalurgia, uma vez que, esse metal é superior ao bronze em dureza e abundância de jazidas, o que foi fundamental para a expansão e controle do império. O método mais antigo de que se tem notícia para minerar consistia em acender fogo sobre as rochas que, com o calor intenso, se expandiram e rachavam. Há registros também da utilização de picaretas e marretas, mas foi no século XVIII, com o advento da máquina a vapor, que a mineração obteve um avanço significativo. Posteriormente, a mineração de superfície ganhou um novo modo de operar. O uso da pólvora e depois a dinamite, já em meados do século XIX, possibilitaram o aperfeiçoamento da atividade mineradora (Pessoa, 2006, p. 29 e 30).

Já, em específico, na parte da América que estava sob o domínio da Espanha, a exploração mineral foi logo no início do descobrimento do Novo Mundo. A América Espanhola era compreendida desde as Serras Madres mexicanas, indo até o extremo sul da Cordilheira dos

Andes (Prieto, 1969, p. 25). Os primeiros achados foram no México, mas foi na região que hoje estão localizados o Peru e a Bolívia que os espanhóis obtiveram os maiores ganhos (Prado Júnior, 1978, p. 5), sendo os metais mais explorados neste momento o ouro e a prata. Igualmente, na América Portuguesa, a região do QF se tornou de suma importância para a mineração no mundo.

2.2.2 A Mineração na região do QF

A história da região do QF pode ser abordada por dois prismas, sendo um dentro da escala geológica e outra pela escala temporal humana / cultural / social. Na escala geológica está inserida a evolução natural da região que culminou no surgimento de uma das regiões mais ricas em recursos minerais do Brasil. E na escala humana / cultural / social está inserida toda evolução da sociedade, em torno de sua dependência em relação à atividade minerária no QF.

Dentro da história geológica do planeta, o QF, bem com suas áreas circunvizinhas, possui compostos de granitos-gnaisses, os quais são datados do Arqueano, ou seja, rochas com datação superior a 2,7 bilhões de anos. Além disso, existem rochas que datam do Paleoproterozóico (Azevedo, 2009, p. 39). Segundo Filho, Curi e Shinzato (2010, p. 903), o QF constitui um dos segmentos mais antigos da paisagem brasileira, datadas quando as terras da América do Sul, África, Oceania e Antártida formavam o supercontinente Gondwana.

A região também é composta por megaestruturas, tais como sinclinais, anticlinais e megafalhamentos, derivados de eventos extensionais e compressionais superpostos. Já no período atual esses eventos correspondem aos vales dissecados e sinclinais elevados na região (Filho, Curi e Shinzato, 2010, p. 904 - 906). Logo, essa riqueza natural levou a região a se tornar um chamariz para a exploração mineral.

A história da ocupação humana, tanto da região do QF, como do Brasil, após o ano de 1.500, está intimamente ligada à atividade de extração mineral. É necessário pontuar que, consonante com Azevedo *et al* (2012, p. 188 e 189), por exemplo, nas explorações de ouro, a região sul do Brasil foi uma das primeiras na sua extração. Após a exploração do pau-brasil a coroa portuguesa voltou seus olhos para atividade minerária, onde esse foi o ciclo mais vantajoso para os colonos portugueses. O ouro no Brasil foi descoberto por Brás Cubas e a Luiz Martins, entre os anos de 1560 e 1561, primeiramente no litoral do estado de São Paulo. Já em 1646 foram

descobertas em Paranaguá, Curitiba, Iguape e Cananéia, ouro aluvionar (Azevedo *et al*, 2012, p. 188 e 189).

No QF a descoberta de ouro veio com a entrada de paulistas na região, contudo não existe um consenso sobre quais foram os descobridores. As primeiras cidades da região que receberam mineiros advindos principalmente de São Paulo foram Ouro Preto e Mariana, que causou:

(...) o primeiro grande rush minerador da história do Brasil e do mundo, e não só influenciaram o início do povoamento do Quadrilátero Ferrífero a partir de dois eixos principais, Sabará ao norte e Ouro Preto e Mariana ao sul, como propiciaram, de forma definitiva, a fixação do homem na região (Azevedo *et al*, 2012, p. 188 e 189).

Vale ressaltar que a exploração do ouro naquela época era feita em filão a céu aberto, onde a mineração subterrânea ocorria somente quando não existia a possibilidade de exploração a céu aberto. Até este momento histórico a mineração de ouro era rudimentar e foi somente no final do século XVIII que se introduziram técnicas científicas nas minas de ouro. Outro aspecto que não se pode deixar de expor foi o investimento de capital estrangeiro na procura e exploração de ouro na região. O investimento inglês foi o principal naquela época, no qual foram empregadas técnicas avançadas de mineração e eles ainda fundaram sociedades anônimas para adquirir lavras promissoras em Minas Gerais (Azevedo *et al*, 2012, p. 190).

A descoberta de minerais para exploração na região do QF promoveu o surgimento de vilas, arraiais, fazendas e igrejas. Por esse motivo, a região foi a maior província mineral do Sudeste do país. A partir disso se desenvolveu também a indústria siderúrgica e a evolução do transporte ferroviário na região (Akinruli e Costa, 2020, p. 5 e 12). Um dos primeiros a desenvolver a siderurgia na região foi Eschwege, o qual estabeleceu as primeiras indústrias siderúrgicas no Brasil. Porém, elas eram pequenas e rudimentares, utilizadas principalmente para o atendimento a demandas da mineração de ouro (Azevedo *et al*, 2012, p. 190).

Posteriormente ao ciclo do ouro na região do QF, se estabeleceu a exploração de minério de ferro, o qual começou como uma atividade secundária em relação à extração de ouro. No entanto, à medida que as jazidas de ouro se esgotaram, o ferro ganhou importância. A partir do século XIX, com o desenvolvimento da indústria siderúrgica em países como Inglaterra e Estados Unidos, o minério de ferro da região começou a atrair mais interesse (Almeida, 1977).

A exploração industrial do minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero se intensificou no início do século XX, especialmente após a criação da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira em

1921 e da Companhia Vale do Rio Doce (atual Vale S.A.) em 1942. Esses empreendimentos marcaram o início de uma exploração mais sistemática e em larga escala, com o minério sendo destinado tanto ao mercado interno quanto à exportação (Dorr, 1969). Já entre as décadas de 1960 e 1980, a exploração de minério de ferro no QF experimentou um crescimento exponencial, impulsionado pelo aumento da demanda global e pela modernização das técnicas de extração e beneficiamento. Atualmente, o QF é responsável por uma grande parcela da produção de minério de ferro do Brasil, sendo uma área de extrema importância estratégica para a economia nacional.

A história geológica e as atividades de extração mineral, tanto de ouro, como de ferro, deixaram e ainda deixam seu rastro na paisagem da região. Portanto, a mineração no mundo, no Brasil e na região do QF está enraizada na história e na formação da sociedade. Todavia, os diferentes tipos de extrativismo mineral exercem uma forte pressão e influência sobre o Meio Ambiente onde se instala o que leva a relação entre Mineração, Meio Ambiente e DS a ser antagônica.

2.3 Mineração e Meio Ambiente

O Meio Ambiente é um tema de estudo amplo por congrega elementos, tanto naturais, como da sociedade. É necessário então, em um primeiro momento, organizar seu conceito, para em seguida discutir sua relação com a mineração. E assim aglutinar a ideia de DS e suas dimensões de atuação, ambiental, espacial, econômica, social e populacional.

O conjunto das espécies, não incluso o homem, tem cada um seu **Meio Ambiente**, e a soma desses formaria o **Ambiente** (Dulley, 2004, p. 18, grifo nosso). O Ambiente então pode ser compreendido “como um determinado espaço constituído de componentes que estão relacionados entre si” (Oliveira, 1982, p. 53). Os componentes, os quais essa autora pondera, são construídos pela inter-relação existente entre os elementos naturais (Natureza) e os antrópicos (Sociedade).

Assim, as interações entre a natureza e a sociedade moldam o Ambiente. O Ambiente então é a aglutinação de todos os aspectos existentes no mundo, isto é, a “morada humana”. Com isso, considerar que o Ambiente somente constituído pelos elementos naturais, sem a atividade humana, é uma visão reducionista (Souza, 2019a, p. 36).

O Ambiente também é “uma coisa viva, inconstante, sempre disposta à inovação” Além disso, o Ambiente é:

(...) um descomunal castelo de cartas, frágil demais. Levou milhões de anos para ser construído, mas basta um piparote para fazê-lo vir abaixo. Mesmo o relevo de uma região, suas montanhas, seus vales, suas planícies, tidos com sólidos, imutáveis, tomam parte no castelo de cartas, num equilíbrio de rochas e de sedimento com o qual é arriscado mexer (Kloetzel, 2017, p. e8 e 41).

Logo, em resumo, o Ambiente é um sistema que integra tanto os elementos naturais (natureza), quanto os antrópicos (sociedade).

Desse modo, apesar do homem fazer parte do Ambiente, sua atuação cria elementos que, operando em rede, com os elementos naturais, fabricam mudanças, as quais podem ser positivas ou negativas. Troppmair (2006, p. 107, grifo nosso) elenca dois sistemas de características antrópicas que sintetizam de forma importante a relação natureza e sociedade: o **Sistema Urbano** e o **Agroecossistema**. Todavia, neste cenário é possível incluir outro sistema, o **Sistema Extrativista**, especialmente o mineral.

O funcionamento do Ambiente é identificado, por meio das trocas de energia e matéria, onde este fluxo produz processos que evoluem no tempo e que são delimitados pelo espaço geográfico (Oliveira, 1982, p. 53). Esses fluxos criam, devido a sua fisiologia, recursos ambientais, os quais são frequentemente mobilizados pela sociedade (Patten, 1978, p. 206, tradução nossa). Um dos principais métodos de extração dos recursos minerais é por meio da mineração.

Os recursos ambientais extraídos pela sociedade, em especial os advindos do extrativismo, contribuem para a formação de uma “**Tecnosfera**”. Ou seja, para a artificialização do Ambiente, a esfera natural é, pouco a pouco, convertida para uma esfera técnica. Esse ambiente é construído então pela inserção de determinada carga de ciência, tecnologia e informação, substituindo os elementos naturais do espaço geográfico (Santos, 1994, p. 36 e 140, grifo nosso).

Nesse contexto, os assentamentos humanos que tiveram suas raízes, a partir dos sistemas apontados por Troppmair (2006) (inclusive o sistema extrativista mineral), são regidos por quatro princípios, que o homem sempre obedeceu. O primeiro princípio é o da **Maximização dos Contatos** entre a sociedade e a natureza, com a própria sociedade e com os elementos que ela constrói. O segundo é o de **Minimização de Esforço**, isto é, a realização das atividades do homem com a utilização do mínimo de empenho. O terceiro é o de **Otimização do Espaço** com,

por exemplo, a diminuição da distância entre os assentamentos humanos. O quarto princípio é o de **Otimização da Qualidade do Homem com seu Ambiente** e a construção de uma rede entre a natureza e a sociedade (Doxiadis, 1970, p. 394 e 395, tradução nossa, grifo nosso).

Todos esses princípios têm relação, em maior ou menor grau, com a atividade minerária. A mineração pode enfatizar a maximização dos contatos entre a sociedade e a natureza, tanto pelo viés positivo, como pelo negativo. Ela ainda, devido a sua evolução tecnológica, minimizar os esforços da sociedade. A otimização do espaço geográfico é percebida pela influência da atividade minerária na região de entorno da jazida. Porém, por exemplo, caso o último princípio seja concretizado de forma efetiva, minimizaria os impactos ambientais das ações da mineração no ambiente. Pois,

(...) o homem, ao invés de tentar mudar suas práticas e costumes para se relacionar com a natureza de forma harmônica vem, em um ritmo vertiginoso, transformando o ambiente e a natureza primeira, para atender aos seus desejos (DREW, 1986, p. v).

É nesse contexto que a relação entre a mineração e o ambiente impacta diretamente as características naturais, tanto do local, como da região onde se instala. Visto que, o subsolo brasileiro é abastado em minerais e estas reservas têm importância mundial (Farias, 2002, p. 5). Isto é, a relevância dessas reservas faz com que as mudanças geológicas, em lavras de mineração, sejam nocivas ao ambiente. Também se pode exemplificar os impactos negativos causados pela mineração na morfologia de uma área. Onde antes existia um modelado que, por exemplo, tinha 600, 700, 800 metros de altitude, agora é somente uma depressão (cava) que é explorada até a exaustão. “Escarpas, picos de montes e micro sítios podem ser modificados, como eventualmente destruídos por uma operação de mina” (Castro, Nalini Júnio, Lima, 2011, p. 61).

Igualmente, a mineração também envolve a limpeza da vegetação, onde a diversidade de seres vivos é alterada. E essa camada de vegetação é primordial para o equilíbrio do meio natural, uma vez que, podem ser alteradas: a infiltração de água no solo, a hidrodinâmica do solo, a evapotranspiração, etc. (Santos, Santos e Santos, 2021, p. 4). Sobre as questões pedológicas, Hassen (2016, p. 29) explica que “pode-se imaginar que durante o tempo de vida do projeto, enormes massas de terra, regolito e solo podem ser perdidos por cada projeto de mineração”.

A atividade de mineração também utiliza um contingente significativo de água no seu processo produtivo, que em grande parte das vezes, não é levado em consideração no momento

de monetização da extração mineral. Vitte (2020, p. 172) dá o nome para este tipo de água de *Água Virtual*, a qual segundo o autor (...).

(...) pode ser entendida como o volume de água demandado para a produção de determinada *commodity*, como um valor adicionado que não é contabilizado e que tem forte impacto na sustentabilidade ambiental em médio e em longo prazo (2020, p. 172).

Ainda existem os impactos no ar da região de mineração na forma de uma poluição atmosférica devido à descarga de material particulado de solo e rocha; quando a rocha é quebrada ou explodida, quando elas são transportadas pelo vento (erosão eólica) e pelo tráfego rodoviário (Hassen, 2016, p. 31).

Devido a isso surge a necessidade da adoção de medidas para uma boa relação entre a mineração e o ambiente, pois os municípios são dependentes desta atividade econômica. Uma destas medidas é a **avaliação do desempenho ambiental**, a qual permite um maior controle corporativo da atividade mineral. E outra é a **inclusão dos impactos sociais no plano de fechamento de minas**, pois:

(...) diversos municípios têm forte dependência econômica e tributária da atividade mineira. Nesta situação, o fechamento de uma mina representa desemprego, forte redução da atividade econômica e queda substancial da arrecadação de impostos. Assim como o fechamento de uma mina deve ser planejado para reduzir o passivo ambiental e os impactos ambientais remanescentes, também devem ser contemplados os impactos sociais do fechamento (Sánchez, 2007, p. 195 e 198, grifo nosso).

Essas medidas, caso sejam implantadas na atividade minerária, podem mitigar e controlar os efeitos negativos de sua operação.

Logo, a relação entre Mineração – Ambiente é conflituosa, uma vez que, a abundância de recursos minerais, em determinado local ou região, pode representar uma dívida ou uma maldição. Por isso, deve-se incluir nesta discussão, o conceito de DS, devido à atividade minerária ser finita, ou seja, os recursos minerais explorados não são renováveis.

2.4 A Mineração e o Desenvolvimento Sustentável

O DS é uma ideia que surgiu na década de 1970, mas foi em 1987, por meio do *Relatório Brundtland* - “Nosso Futuro Comum”, que seu conceito se consolidou. A partir disso, quando se

analisa a conexão existente entre a mineração e o DS, essa pode ser resumida em torno de uma dicotomia. Um lado afirma que o extrativismo mineral causa inúmeros malefícios para o ambiente, vista então como uma maldição e até uma doença de cunho econômico. Do outro lado estão aqueles que defendem a mineração como uma dádiva, pois pode impulsionar o local, o regional e o país para um desenvolvimento econômico e social sólido, ou seja, um trampolim para o desenvolvimento (Enríquez, 2007).

Em 1970 foi proposto que o objetivo principal do DS seria de assimilar um ambiente adequado, necessário para um bom desenvolvimento realizado de forma sustentável. Em 1980 foi apresentado que o objetivo do DS seria caracterizar as situações que não prejudicam a natureza. Além desses, também se pode considerar como definições / objetivos de DS, manter o equilíbrio entre o ambiente e desenvolvimento econômico; elevar a qualidade de vida da sociedade sem degradação dos recursos naturais; garantir o funcionamento do sistema atual para as gerações futuras e; englobar os objetivos econômicos, sociais e ambientais, a fim de, assegurar o futuro das próximas gerações (Asr *et al*, 2019, p. 2013 e 214).

Entretanto, foi em 1987 que o DS ganhou força no cenário internacional e foi difundido pelo mundo, por meio do *Relatório Brundtland* - “Nosso Futuro Comum”. Nesse relatório estão inseridos temas como, as preocupações comuns, os desafios comuns e os esforços comuns, todos relacionados ao DS (PNUMA, 1987). Já dentro da relação entre a mineração e o DS, essa foi fomentada somente em 1998, no qual foi elaborado o documento *Global Mining Initiative* (Iniciativa Global de Mineração), iniciativa realizada por um grupo de companhias mineradoras denominada de *International Council on Metals and the Environment* (Conselho Internacional de Metais e Meio Ambiente) - ICME, fruto de dois anos de pesquisa e diálogos, denominados *Mining, Minerals and Sustainable Development* (Mineração, Minerais e Desenvolvimento Sustentável) - MMSD (Enríquez, 2007, p. 151).

2.4.1 A Mineração como uma maldição

A tese de que a mineração é uma maldição tem duas vertentes. A primeira argumenta que a atividade minerária é uma maldição caracterizada quando regiões que têm abundância de recursos minerais têm pior desempenho, ambiental e socioeconômico do que as regiões que não dispõem desta. Já a segunda tese considera que mineração é uma doença caracterizada quando,

em determinada região, o setor mineral é superdesenvolvido, causando um atraso em outros setores da região (Enríquez, 2007, p. 112). Nesse sentido, a vertente mais plausível é a segunda, pois ela causa uma dependência significativa em relação à mineração.

Dessa maneira, a visão de que a atividade minerária é uma doença é advinda de um “processo que infecta um país exportador de matérias-primas quando seu alto preço ou a descoberta de novas jazidas desencadeia um boom nas exportações” (Acosta, 2013, p. 64, tradução nossa) doença essa denominada de *Doença Holandesa*. Essa nomenclatura é devido a um modelo de visão econômica que foi identificado no decênio de 1960 na Holanda (Países Baixos), onde a descoberta de uma jazida de gás natural ameaçou destruir toda a indústria manufatureira daquele país (Rodrigues, Moreira e Colares, 2016, p. 179).

Quando o país, região ou local é “infectado” por essa doença (...)

(...) a economia volta-se para o setor em expansão, de recursos naturais, ocorrendo, então, um aumento da demanda por trabalho neste setor, e um conseqüente aumento da remuneração. Este fato gera o deslocamento de recursos produtivos dos outros setores da economia para o setor em expansão e reduz o produto no setor da indústria manufatureira, o que, de acordo com os autores, causa desindustrialização (Vitte, 2020, p. 172).

Essa doença econômica ocorre somente onde existe uma abundância de recursos minerais. Isso pode levar uma região a se especializar somente na exploração desses recursos e deixar de lado outros setores. O resultado disso é a não industrialização, ou pior a desindustrialização, o que inibe o desenvolvimento econômico (Bresser-Pereira, Marconi, 2010, p. 214).

Além disso, a atividade de mineração, em longo prazo, é prejudicial, pois causa uma dependência da população em relação aos benefícios que a compensação da atividade traz (Coelho, 2012, p. 53). Demograficamente, a relação entre a mineração e a população gera impactos sérios. Por exemplo, quando a mineração atrai trabalhadores de outras regiões, aumentando o fluxo migratório na região (Mancini e Sala, 2018, p. 104, tradução nossa).

Além dos impactos de cunho socioeconômico-populacional, pontuadas por Enríquez (2007), é necessário incluir as questões das mudanças ambientais dos elementos naturais e espaciais. Mudanças essas que não são somente na área de extração, mas também no fomento a urbanização, agropecuária, industrialização, etc. Esse incentivo gera modificações no uso e ocupação da terra levando a perda de elementos naturais em detrimento aos antrópicos.

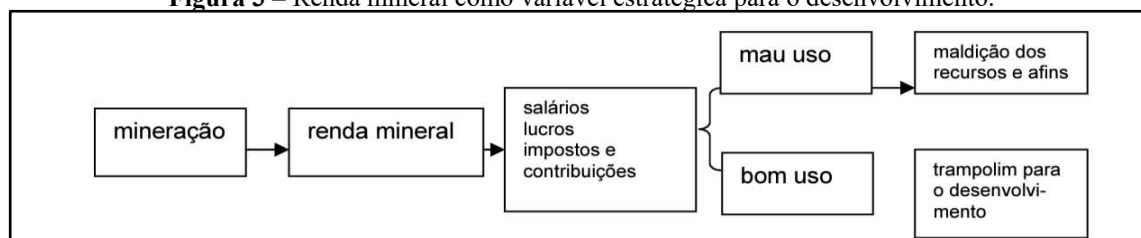
Portanto, devido ao que foi explanado anteriormente, certas atividades extrativistas, incluso a mineração, fundamentalmente a de grande escala, nunca poderão ser sustentáveis, pois ela é destrutiva em sua essência (Acosta, 2013, p. 63, tradução própria). Ou seja, a mineração, para ser sustentável deve considerar tanto os limites ambientais, quanto a qualidade de vida para gerações atuais e futuras (Gudynas, 2013, p. 173, tradução nossa). Então a meta do desenvolvimento sustentável deve ser a redução na extração de recursos minerais (Resende, 2016, p. 382).

2.4.2 A Mineração como dívida / trampolim para o desenvolvimento

Diferentemente do que foi dito anteriormente, existe também o pensamento de que a atividade minerária é uma dívida e um trampolim para o desenvolvimento. Uma vez que, a mineração tem um papel crucial no desenvolvimento econômico, pois ela fornece contribuições importantes para a economia, mas também, inevitavelmente, causa danos ao ambiente regional (Yuan, *et al* 2021, p. 162.920, tradução nossa). Porém, para isso ocorrer é necessária a contribuição dos agentes governamentais (Figura 3).

Os governantes devem fomentar a exploração de recursos minerais, uma vez que, a mineração é capaz de trazer benefícios para a população de um município, mas que depende de uma governança que se comprometa com a diversificação econômica (Villa Verde e Fernandes, 2015, p. 5, Enríquez, 2007). Também a exportação mineral “é fundamental para se atingir o *superávit* primário na balança comercial, o que, por sua vez, será essencial para o pagamento dos juros, amortizações e refinanciamento da dívida pública” (Coelho, 2012, p. 48).

Figura 3 – Renda mineral como variável estratégica para o desenvolvimento.



Fonte: Enríquez, 2007, p. 123.

No caso do Brasil o desenvolvimento ou trampolim de uma região mineradora depende do poder público, seja ele federal, estadual ou municipal. Isso devido aos chamados *royalties* da

mineração, denominados CFEM. A palavra *Royalty* é de origem inglesa e significa “a remuneração de natureza diversa, paga pela concessão ou uso de direitos de autor ou proprietário de determinado bem” (Silva *et al*, 2017, p. 2).

A CFEM é distribuída entre União, estados e municípios, a qual é uma compensação pela utilização, de forma econômica, dos recursos minerais nos territórios onde ela ocorre (Macedo *et al*, 2021, p. 2). A compensação foi estabelecida por meio da Constituição Federal de 1988, onde o seu artigo 20º - parágrafo 1º estabelece que:

Art. 20. São bens da União:

§ 1º É assegurada, nos termos da lei, à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de **outros recursos minerais no respectivo território**, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração. (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 102, de 2019) (BRASIL, 1988, grifo nosso).

A sua distribuição é regida pela Lei Federal nº 8.001 de 13 de março de 1990, no seu artigo 1º, inciso I a IV, os quais determinam que:

Art. 1º. A distribuição mensal da compensação financeira de que trata o inciso I do § 1º do art. 17 da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, com a redação alterada por esta Lei, será feita da seguinte forma (Redação dada pela Lei nº 9.984, de 2000):

I - 25% (vinte e cinco por cento) aos Estados;

II - 65% (sessenta e cinco por cento) aos Municípios;

III - 3% (três por cento) ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional;

IV - 3% ao Ministério de Minas e Energia e;

V - 4% ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT, criado pelo Decreto-Lei nº 719, de 31 de julho de 1969, e restabelecido pela Lei nº 8.172, de 18 de janeiro de 1991. (Redação dada pela Lei nº 9.993, de 2000) (BRASIL, 1990, grifo nosso).

Os principais objetivos desta legislação são: o desenvolvimento local, a qualidade de vida da população, a dinamização da produção dos municípios e prepará-los para o fim da exploração (Macedo *et al*, 2021, p. 2).

Vale ressaltar que por orientação do Tribunal de Contas de União, a CFEM não pode ser utilizada para o pagamento de dívidas e para a remuneração do quadro permanente de pessoal da administração pública (Macedo *et al*, 2021, p. 5). Ou seja, a aplicação desse valor deve ser principalmente no desenvolvimento social e ambiental da região de mineração. Entretanto, é

essencial que a sociedade entenda que a arrecadação da CEFM existe somente enquanto houver mineração na região (Vieira, Correa e Amaral, 2021, p. 46).

Desse modo, um dos fundamentos para uma sustentabilidade é uma governança de qualidade em que todas as partes interessadas devam ser contempladas, a fim de obter o DS nas atividades minerárias (Asr, 2019, p. 214 e 215). Nesse sentido, um exemplo são os critérios adotados pelo Banco Mundial para financiar empreendimentos mineradores, são eles: 1. Histórico; 2. Criação de empregos; 3. Geração de renda; 4. Crescimento econômico; 5. Transferência de tecnologia; 6. Desenvolvimento de infraestrutura e; 7. Criação de indústria a jusante (Enríquez, 2007, p. 126 e 127). Isso para promover o DS nas áreas onde a mineração atua ou atuará.

Então, a mineração para ser vista como um trampolim depende da qualidade das instituições que mediam os ganhos econômicos dos locais ou regiões mineradoras. Essa visão segue a seguinte sistemática:

“Investimento mineral → rendas minerais e demais benefícios e oportunidades que se abrem com o investimento mineral → qualidades das instituições → custos de transação → bom ou mau gerenciamento dos benefícios e das novas oportunidades → subordinação à trajetória do desenvolvimento ou do subdesenvolvimento (Enríquez, 2007, p. 35 e 36).

Assim, cabe às instituições públicas e aos governantes promover o correto investimento dos ganhos advindos da mineração e com isso promover um avanço, ambiental, econômico e social e conseqüentemente promover o DS.

Logo, a relação entre a mineração e o DS, pode ser definida, em alguns casos como uma maldição ou doença e em outros como uma dádiva e um trampolim para o desenvolvimento. Nesse sentido, a análise da influência da atividade minerária deve ser pautada não somente nas dimensões clássicas do DS (ambiental, econômica e social), mas também nas dimensões espacial e populacional. Dessa forma, a fim de verificar se a mineração é uma dádiva ou uma maldição são necessárias metodologias que possam avaliar cada local ou região, no que se refere às dimensões do DS.

2.5 Mineração, Meio Ambiente e DS: considerações metodológicas

Classificar e avaliar, por meio de metodologias sólidas, o desempenho da mineração quanto ao DS não é tarefa simples. Deve-se então ter em mente que as metodologias utilizadas têm que abarcar as três dimensões do DS (ambiental, econômica e social), mas também as dimensões espacial e populacional. Uma vez que, “a atividade mineradora é espacialmente concentrada” (Enríquez, 2007, p. 157). E ainda uma metodologia utilizada na escala nacional, não necessariamente pode ser utilizada na escala local (municipal) ou regional (Enríquez, 2007, p. 157).

Primeiramente, pode-se pensar em graus de colonização da terra devido à mineração. O primeiro seria o **Grau Intensivo** (alto grau de controle ambiental); o segundo o **Grau Extensivo** (alto grau de influência na vegetação e no solo); o terceiro **Grau Exploratório** (intensa mudança ambiental); o quarto **Grau Subdesenvolvido** (gradiente de manipulação ambiental pela mineração) e; o quinto **Grau Desabitado** (sem controle ambiental) (Drew, 1986, p. 13 e 14, grifo nosso). Entretanto, esses graus são voltados para classificação de áreas voltadas para a agropecuária.

Igualmente, existem os gradientes de manipulação ambiental, citados por Drew (1986, p. 14), nos quais são determinados por três níveis de domínio do homem sobre o ambiente. Os níveis são: o **Incontrolado**, **Parcialmente controlado** e **Áreas com alto grau de dominância humana** (Drew, 1986, p. 14). Todavia, como no exemplo anterior, essa classificação é voltada para atividades agrícolas, pecuárias ou florestais.

É admitido também refletir em níveis de intensidade dos processos de modificação da natureza pelo homem, ou seja, mudanças ambientais, como a proposta em três níveis, do francês Jean Tricart. O primeiro diz respeito aos **Meios Estáveis**, nos quais são aqueles que não são perceptíveis dentro da escala da história humana devido à lentidão dos processos. O segundo nível são os **Meio Intergrades** ou de **Transição**, eles são a passagem dos meios estáveis para os instáveis, no qual a influência é percebida na morfogênese e na pedogênese. Por fim, os **Meios Instáveis**, nos quais, por exemplo, “a degradação antrópica, a brusca ativação morfodinâmica acaba por destruir rapidamente os solos preexistentes” (Tricart, 1977, p. 35 e 56, grifo nosso). Contudo, essa classificação é orientada para mudanças essencialmente naturais, desconsiderando, em alguns momentos, as ações da sociedade, como a mineração.

A relação existente entre a mineração e o DS, para Bernauer (2019, p. 405 e 406) pode ser analisada a partir do modelo centro-periferia, uma vez que, a economia extrativista privilegia o centro em detrimento a periferia. E ainda é explicado que a riqueza proveniente da mineração fica concentrada no centro, enquanto na periferia se acumula a degradação ambiental. Isso ocorre, por exemplo, na região norte do Canadá, onde predomina também uma relação colonialista, em relação aos povos indígenas da região.

A Comissão para o Desenvolvimento Sustentável – CDS, das Nações Unidas elaborou um documento listando indicadores de sustentabilidade, o *Indicators of sustainable development: framework and methodologies*, que é conhecido como “Livro Azul”. Com base nesse documento o IBGE formulou também um sistema de indicadores de DS, nesta proposta brasileira são abarcados 59 indicadores. Após a análise desses documentos constatou-se algumas dificuldades, em especial, devido à quantidade de indicadores, a diversidade geográfica, as lacunas de disponibilidade temporal e a indisponibilidade no nível municipal dos indicadores de DS (Martins, Cândido, 2012, p. 7). Assim, a partir desses indicadores pode-se propor a formulação de um Índice de Desenvolvimento Sustentável.

Não obstante, o trabalho com esses indicadores se mostrou ineficiente. A principal razão, segundo Martins e Cândido (2012, p. 7) é a escala temporal e espacial, surgindo então um lapso quanto a possível disponibilidade destes indicadores na escala regional e principalmente a municipal. Com isso, a construção do Índice de Desenvolvimento Sustentável regional ou local / municipal fica prejudicada, não sendo viável mensurar o DS desses espaços geográficos.

Do mesmo modo, Waquil *et al* (2010, p. 3, grifo nosso) formularam um **Índice de Desenvolvimento Sustentável**, para áreas rurais, tendo em vista as dimensões social, demográfica, político-institucional, econômica, ambiental e cultural. Foram então definidas variáveis (entre quatro e sete) para cada dimensão selecionada, mas com um viés para os elementos rurais. A construção deste índice é semelhante ao descrito acima, feito por Martins e Cândido (2012), mas a principal diferença é em relação à representação. Warquil *et al* (2010, p. 8) optou pela elaboração de gráficos de radar, nos quais cada dimensão é representada num eixo próprio e irradiando a partir do ponto central – Biograma.

Isto posto, é possível avançar em uma proposta metodológica que abarque uma classificação, a partir das dimensões do DS, sendo de um lado as ambientais e espaciais e de outro as econômicas, sociais e populacionais. A partir disso, pode-se aglutinar, do lado espacial e

ambiental, uma análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo e do lado socioeconômico e populacional a formulação de um índice que aglutine variáveis dessas dimensões.

2.6 Mineração, Meio Ambiente e DS: uma proposta metodológica

Para propor uma metodologia que possibilite uma avaliação e classificação do nível de DS, que abarque a escala municipal, devem-se incluir as dimensões ambiental, espacial, social, econômica e populacional. As dimensões ambiental e espacial podem ser analisadas a partir da evolução do uso e ocupação do solo. Já nas dimensões social, econômica e populacional pode-se determinar o nível de DS, por meio da implementação de técnicas matemáticas / estatísticas, a fim de obter uma classificação o mais pertinente possível com o contexto da unidade espacial.

Para as análises das dimensões ambiental e espacial é fundamental analisar o uso e ocupação do solo. Uma vez que, a mineração não tem sua influência exercida somente na área de sua instalação e operação, mas no município e na região como um todo. Então, faz-se necessário uma divisão entre as ocupações naturais (áreas naturais florestais, áreas naturais não florestais e água) e os usos antrópicos (agropecuária, áreas urbanas, outros usos não naturais e a mineração). A partir dessa divisão e dos dados de uso e ocupação pode-se calcular o **Grau Dinâmico de Uso da Terra – GDUT**, proposto por Deka, Singha e Tripathi (2019), com base em Zhou e Shi (2011).

Segundo El-hamid e Yongting (2021, p. 2021) esse cálculo permite verificar a velocidade de mudança do uso e ocupação do solo, auxiliando assim, quantitativamente, nas análises das mudanças de uso e ocupação. Também este cálculo permite verificar se determinado uso ou ocupação mantém uma relação positiva ou negativa entre os períodos de tempo analisados. Consequentemente, quando se verifica, por exemplo, um grau negativo de ocupações naturais e em contrapartida os usos antrópicos obtêm um grau positivo, o desenvolvimento sustentável da região é prejudicado. Porém, além das dimensões ambientais e espaciais, é fundamental a inclusão das dimensões econômica, social e populacional.

Em relação às dimensões econômica, social e populacional, pode-se pensar na coleta e tratamento de indicadores de cada dimensão, disponível para escala espacial de análise e assim propor a formulação de um **Índice de Situação Socioeconômica – Populacional – ISSEP**. Para isso cabe utilizar uma técnica de análise multivariada, no caso a Análise de Componentes

Principais – ACP (a partir desse momento, por motivos de simplificação, o termo Análise de Componentes Principais, será substituído pela sigla ACP).

A premissa principal da ACP é a de transformar as informações / indicadores em um conjunto menor de componentes, por meio da análise da matriz de correlação das variáveis (Silva, 2021, p, 114). Essa técnica de análise multivariada permite a redução do número de variáveis, por meio de uma combinação linear entre elas, para assim, diminuir o número dessas. O seu principal objetivo é a diminuição de componentes (fatores) de entrada, obtendo um resumo característico do conjunto de dados sem a perda de informações (Aguilar, 2023, p. 05).

Com isso, os escores da primeira componente obtidos, via ACP, podem ser reescalados, para uma melhor compreensão, com variabilidade centrada entre 1,00 e 10,00. Para o Novo Valor - NV tem-se:

$$NV = \text{fim} - \text{início} \times (X_i - \text{menor}) / (\text{maior} - \text{menor}) = \text{início} \quad (1),$$

no qual, **NV** = Novo Valor, **X_i** = Variável original, **Início** = Valor 1,00 (um), **Fim** = Valor 10,00 (dez), **Maior** = x, **Menor** = y.

Desse modo, a partir dos resultados obtidos por meio da aplicação dessas duas técnicas, pode-se classificar cada unidade espacial, tanto pelo uso e ocupação do solo, como pelos resultados do ISSEP, em quatro níveis de DS (Quadro 01), a saber: **Sustentável; Parcialmente Sustentável, com tendência a ser tornar sustentável; Parcialmente Sustentável, com tendência a não ser tornar sustentável e; Não Sustentável**. Em relação ao uso e ocupação do solo a classificação é por meio da evolução dos resultados do GDUT da mineração, dos elementos naturais e elementos antrópicos. Já no caso da classificação da evolução dos resultados do ISSEP pode-se delimitar os resultados das quatro classes, por meio do método de dimensionamento de classes desenvolvido por Walter Fisher (1958) e implementado por George Jenks (1977) a Técnica de Otimização de Jenks. O principal objetivo desta técnica é minimizar as diferenças entre os valores dispostos na mesma classe e maximizar as diferenças entre as classes (Ramos *et al*, 2016 p. 623). E caso tenha-se obtido resultados do ISSEP para mais de um período temporal, recomenda-se que a classificação final, quanto ao nível de DS, seja feita a partir do nível que é mais frequente durante o período estudado. Porém, é necessário alertar que a utilização de modelos, técnicas e métodos matemático-estatísticos, somente evidencia parte da realidade. Logo, se faz necessário, em alguns casos, realizar uma reclassificação tendo como parâmetro o conhecimento empírico da condição de cada unidade espacial em análise.

Quadro 1 - Proposta de classificação quanto ao nível de desenvolvimento sustentável.

Dimensão Espacial e Ambiental (Grau Dinâmico de Uso da Terra – GDUT)	Dimensão Socioeconômico-populacional (Índice de Situação Socioeconômica Populacional - ISSEP)	Classificação
GDUT DA MINERAÇÃO DE TODO O PERÍODO ESTUDADO NEGATIVO	1ª CLASSE OBTIDA PELO AGRUPAMENTO PELO MÉTODO DA QUEBRA NATURAL DE JENKS	SUSTENTÁVEL
GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO POSITIVO		
GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO NEGATIVO		
GDUT DA MINERAÇÃO DE TODO O PERÍODO ESTUDADO NEGATIVO	2ª CLASSE OBTIDA PELO AGRUPAMENTO PELO MÉTODO DA QUEBRA NATURAL DE JENKS	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL COM TENDÊNCIA A SER SUSTENTÁVEL
GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO NEGATIVO		
GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO POSITIVO OU NEGATIVO		
GDUT DA MINERAÇÃO DE TODO O PERÍODO ESTUDADO POSITIVO	3ª CLASSE OBTIDA PELO AGRUPAMENTO PELO MÉTODO DA QUEBRA NATURAL DE JENKS	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL COM TENDÊNCIA A NÃO SER SUSTENTÁVEL
GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO NEGATIVO OU POSITIVO		
GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO POSITIVO		
GDUT DA MINERAÇÃO DE TODO O PERÍODO ESTUDADO POSITIVO	4ª CLASSE OBTIDA PELO AGRUPAMENTO PELO MÉTODO DA QUEBRA NATURAL DE JENKS	NÃO SUSTENTÁVEL
GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO NEGATIVO		

GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS DE TODO O PERÍODO ESTUDADO POSITIVO		
--	--	--

Fonte: Autor, 2024.

Portanto, é fundamental dentro da relação Mineração, Meio Ambiente e DS ponderar sobre as dimensões ambiental, espacial, econômica, social e populacional do DS, por meio dos dados de uso e ocupação do solo e as características socioeconômicas populacionais. Além disso, o uso de técnicas e métodos matemático-estatísticos são ferramentas importantes, a fim de determinar o nível de sustentabilidade, mas utilizadas em conjunto com um conhecimento empírico das unidades espaciais de análise. E assim, verificar se a mineração é uma dádiva ou uma maldição para a unidade espacial em análise.

2.7 Considerações Finais do Capítulo

A associação entre Mineração, Meio Ambiente e DS pode ser ao mesmo tempo conflituosa ou próspera. A mineração então pode ser vista como uma maldição ou uma doença que infecta locais e regiões engessando sua economia e degradando o ambiente. Porém, também ela é vista como um trampolim para o avanço socioeconômico populacional, e até ambiental nos municípios e regiões que se instala. Assim, quando se insere o conceito de DS na relação mineração e ambiente, podem-se propor formas de verificar se a extração mineral é uma maldição ou uma dádiva.

Quando uma região se especializa / depende, economicamente, da extração mineral isso pode acarretar no surgimento de uma doença de cunho econômico. Essa doença é chamada de Doença Holandesa, pois ela inibe e / ou retarda a evolução de outros setores econômicos, que são fundamentais para a região, uma vez que, a mineração é finita. Com isso, é de suma importância que os ganhos advindos da atividade minerária devem ser empregados na diversificação econômica do local, para também beneficiar o social e o populacional.

Um adendo é a questão da degradação ambiental deixada pela mineração. Nesse sentido, é fundamental que os agentes públicos, sociais e ambientais cobrem a recuperação ambiental da área de extração. Caso isso não ocorra, a região, o local, o município, etc, pode ter uma problemática a ser solucionada devido à atividade minerária.

Contudo, a mineração pode ser também uma dádiva e /ou trampolim para a o município e / ou região de sua instalação. Uma vez que, com os ganhos, por exemplo, no Brasil da CFEM, a região ou município minerador pode investir: na diversificação econômica, com a atração de empresas fora da atividade minerária; no aumento da qualidade de vida de sua população em especial, na educação, saúde, emprego e renda e; em um ambiente ecologicamente saudável. Isto é, investir na busca de um DS.

Desse modo, nesta parte da pesquisa foi explicada uma proposta para determinar o nível de DS, na qual pode ser empregada em municípios que dependem exclusivamente ou parcialmente da extração mineral. Essa proposta tenta aglutinar as dimensões ambiental, espacial, econômica, social e populacional do DS. Para isso utiliza-se de dados de uso e ocupação do solo, por meio do cálculo do Grau Dinâmico de Uso da Terra (dimensão ambiental e social) e indicadores socioeconômicos - populacionais aplicando a técnica de análise multivariada - ACP (dimensões econômica, social e populacional).

Portanto, a partir de adaptações à realidade brasileira, em especial, a de disponibilidade de indicadores / variáveis, a proposta apresentada pode ser aplicada. Uma região que pode ser objeto de estudos é a do Quadrilátero Ferrífero no estado de Minas Gerais, devido a sua importância no cenário da extração de minério de ferro no Brasil e no mundo. Do mesmo modo, a região de Carajás, no Pará, também é de significativa importância na conjuntura da exploração mineral do Brasil.

3. CAPÍTULO 2: A EVOLUÇÃO DAS DIMENSÕES AMBIENTAL E ESPACIAL DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG, ENTRE OS ANOS DE 1985 A 2020

3.1 Introdução do capítulo

A mineração é uma atividade que, ao mesmo tempo, exerce atuação, tanto no local da efetiva extração, como nos municípios e na região onde se instala, contribuindo de forma direta e indireta para as modificações no uso e ocupação do solo. Essa influência é percebida pela sociedade principalmente, por meio das dimensões ambiental e espacial do DS. Essa percepção é concretizada quando se analisa a evolução do uso e ocupação do solo dos elementos naturais e antrópicos, comparando-a com a evolução da atividade mineradora. A partir disso, pode-se perceber como se deram as transformações, na escala de tempo pesquisada, ambientais e espaciais, derivadas direta e indiretamente da exploração mineral.

Essas transformações incidem diretamente sobre a sustentabilidade, e conseqüentemente no DS municipal. Visto que o principal objetivo do DS é o de suprir as necessidades da geração atual, sem afetar as necessidades das gerações futuras (PNUMA, 1987, p. 09). Com isso, a perda significativa de recursos minerais e as mudanças no meio natural, caso ocorra uma influência negativa da mineração, engendram problemas para sustentabilidade das gerações futuras.

Assim, o objeto de pesquisa selecionado, como já referido na introdução da pesquisa, são os municípios da região do Quadrilátero Ferrífero - QF (ver Figura 1). Essa região juntamente com Carajás no estado do Pará são os principais locais de mineração de ferro no Brasil. Além disso, a região compreende também parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH, sendo a mais importante para o Estado de Minas Gerais. Com isso, compreender e discutir a influência e o nível de sustentabilidade da mineração na região é de suma importância para o pleno DS municipal e regional. A escala temporal definida neste capítulo foi à compreendida entre os anos 1985 e 2020.

Apoiado nisso, o objetivo principal deste capítulo é de caracterizar e classificar a influência da mineração nas dimensões Ambiental e Espacial dos municípios da região do QF, a

partir da análise da evolução do uso e ocupação do solo, entre os anos de 1985 e 2020. Para isso, também foram definidos três objetivos específicos, a saber:

- Discutir a influência da mineração nas transformações do uso e ocupação do solo nos municípios da região do QF;
- Identificar as principais transformações ambientais e espaciais que ocorreram nos municípios da região do QF entre 1985 e 2020;
- Classificar os municípios da região, tendo como base as dimensões ambiental e espacial do DS, em: **Sustentável, Não Sustentável, Parcialmente Sustentável, com tendência a ser sustentável e Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, a partir dos resultados da evolução do GDUT dos elementos naturais, antrópicos e da mineração.

3.2 A mineração e as transformações no uso e ocupação do solo

As transformações ambientais e do espaço geográfico, devido às atividades humanas, são percebidas quando se analisa a evolução do uso e ocupação do solo. No caso da mineração essas transformações são observadas de forma direta e indireta. Essas são aquelas percebidas devido ao aumento ou retração dos usos e ocupações do solo, por exemplo, o aumento da área urbanizada, diminuição de áreas florestadas, aumento da agropecuária, etc.

As transformações indiretas estimuladas pela mineração são advindas da importância econômica dessa atividade. A atração de pessoas e recursos econômicos favorecem as mudanças no uso e ocupação do solo de várias formas, por exemplo, o aumento da malha urbana. Contudo, algumas dessas alterações causam transtornos para a sociedade e a natureza, como os desastres das barragens do Fundão em Mariana e da Mina do Feijão em Brumadinho.

Não obstante, não é somente no Brasil que a mineração influencia o uso e ocupação do solo. Na cidade de Kiruna, norte da Suécia, está localizada a maior mina de minério de ferro subterrânea do mundo, com 402,33 quilômetros quadrados (km²), em uma profundidade de 2,01 quilômetros (km). A cidade é dependente dessa mineração, chegando ao ponto de parte da cidade ser um obstáculo para a expansão da mineração. Assim, a saída encontrada foi à realocação, em alguns quilômetros a noroeste, de parte da cidade. Isso levou ao deslocamento de casas, igrejas e aproximadamente 1.800 pessoas, cerca de 10% da população, até mesmo a prefeitura da cidade

deverá ser deslocada, causando uma intensa mudança no uso e ocupação do solo (Nilsson, 2010, p. 433).

Outro exemplo é o que ocorreu em Papuá Nova Guiné, na qual, um “acordo” entre o governo e a mineradora australiana BHP, culminou em um desastre ambiental significativo. Essa empresa, devido a sua incapacidade em dar uma destinação ambientalmente correta aos resíduos provenientes da exploração de cobre, optou por lançá-los na rede de drenagem e conseqüentemente nos cursos d’água locais, e ao longo de uma década, milhões de toneladas de rejeitos foram despejados. O resultado foi à contaminação de duas importantes bacias hidrográficas locais, cujos impactos foram sentidos em 120 comunidades e atingiram aproximadamente 50 mil pessoas (Enríquez, 2007, p. 140).

E até mesmo locais que são considerados inóspitos podem mudar a cobertura do solo em razão da mineração. A mineração no Ártico está mudando a paisagem local de forma rápida, uma vez que, devido ao número limitado de espécies, essas são mais suscetíveis a entrar em extinção. Dentre os impactos identificados devido à mineração no Ártico pode-se destacar a degradação do permafrost, derretimento do gelo e o declínio na qualidade do solo. Isso culmina em uma degradação ambiental que levará mais tempo para ser recuperada ou até mesmo ser perdida devido às condições da área (Hassen, 2016, p. 79).

No Brasil um exemplo é o da Serra Velha - Montes Claros / MG. A mineração para extração de laterita causou um impacto ambiental importante, no qual devido ao solo arenoso da área, ocorreu uma aceleração dos processos erosivos. Isso culminou no surgimento de voçorocas e ravinas, o que resultou na dificuldade, por exemplo, na instalação da rodovia BR-135 (Boitrago e Almeida, 2021, p. 9).

Ainda no Brasil, um caso emblemático é o da mineração subterrânea de sal-gema na capital do estado de Alagoas – Maceió. A empresa responsável pela extração é a Braskem, ligada ao grupo Odebrecht, a qual atua também em outros países como Alemanha, México e Estados Unidos. A extração de sal-gema do subsolo, principalmente nos bairros de Pinheiro, Mutange, Bebedouro, Bom Parto e Farol, ocasionou uma desestabilização do solo / subsolo levando a abalos sísmicos, afundamentos, fissuras, rachaduras em muitas residências e vias desses bairros. Com isso, foi necessária a retirada de centenas de moradores de suas residências devido ao risco do aparecimento de crateras formadas pela mineração (Teles, Cavalcanti, 2021, p. 10).

Ao elencar os exemplos anteriores, é possível afirmar que as dimensões do DS mais afetadas são a ambiental e espacial, mas sem deixar de lado as dimensões econômica, social e populacional, pois a extração mineral é o suporte para diversas cadeias produtivas que sustentam o padrão de consumo atual da sociedade. Assim, não pode faltar matéria prima para ofertar bens e serviços que têm relação direta com a mineração. Mesmo que isso represente uma mudança significativa no uso e ocupação do espaço geográfico de determinada região mineradora (MME, 2010, p. 30).

Em todos os exemplos citados anteriormente, dentro da relação mineração e DS, a atividade minerária pode ser considerada uma maldição para as regiões onde foram instaladas. Porém, além desses exemplos extremos, também existem as influências indiretas da atividade mineradora, as quais também engendram impactos negativos para o ambiente. Esse tipo de influência é projetada sobre as dimensões ambiental e espacial do DS.

A sustentabilidade é alicerçada em três dimensões clássicas: a econômica, a social e a ambiental. Em específico, na dimensão ambiental, pode-se incluir a dimensão espacial, pois as modificações ambientais são percebidas por meio das mudanças espaciais (Enríquez, 2007). Com isso, a partir da evolução do uso e ocupação do solo da região mineradora, pode-se ponderar sobre o nível de influência que a extração mineral exerce sobre a sustentabilidade de cada unidade espacial. Já que esses dados permitem identificar as influências indiretas da mineração, e assim verificar se o objetivo do DS está sendo cumprido.

Uma das formas de perceber a influência da atividade mineradora, nas dimensões ambiental e espacial é no aumento da infraestrutura urbana. Um exemplo é o que ocorreu na África do Sul, na região de Witwatersrand em 1886, na qual a mineração levou a uma imigração massiva e ao aumento da urbanização devido à corrida por ouro na região. Hoje, mais de 90 cidades, vilas e aldeias na África do Sul acomodam 198 minas de grande porte, e são explorados vários minerais, como platina, cromo, manganês, vanádio, ouro, carvão, minério de ferro, etc. (Cole e Broadhurst, 2022, p. 2).

É importante destacar alguns aspectos necessários para se criar um mecanismo, no qual os malefícios da mineração sejam controlados e mitigados nas dimensões ambiental e espacial do DS. O primeiro é que as áreas de mineração não podem se tornar locais de poluição e degradação ambiental, após seu fechamento. O uso da terra onde ocorreu a mineração deve ser sustentável, e devem-se minimizar os prejuízos econômicos e sociais resultantes do fechamento (Asr *et al*,

2019, p. 218). A partir disso, é possível pensar em uma sustentabilidade ambiental e espacial em regiões mineradoras.

Desse modo, deve-se não apenas considerar como área de estudo somente o local da jazida, ou seja, da efetiva extração. Deve-se ir além, considerando como unidade espacial de análise as cidades / municípios, uma vez que, ela afeta todo o ecossistema. Assim, recomenda-se considerar como unidade administrativa e de pesquisa toda a cidade / município onde a mineração opera, para assim verificar suas vulnerabilidades e elaborar medidas de gestão mais sustentáveis (Tai, Xiao e Tang, 2020, p. 2).

Portanto, as transformações diretas e indiretas que a mineração submete o uso e ocupação do solo de determinado município ou região podem levar a desastres ambientais, especialmente em longo prazo. Pois, as influências da mineração são percebidas, no uso e ocupação do solo, ao longo do tempo, como ocorre na região do Quadrilátero Ferrífero – MG.

3.3 Aspectos Metodológicos do capítulo

A metodologia desta parte da pesquisa pode ser dividida em duas partes. A primeira versa sobre os dados coletados e suas respectivas fontes de pesquisa e a segunda aborda o tratamento a que foram submetidos (Figura 04). Os dados utilizados são secundários de uso e ocupação do solo para os municípios da região do QF. O método utilizado é essencialmente o hipotético-dedutivo se valendo de técnicas matemática-estatísticas, o qual é uma metodologia mais tradicional baseada na coleta e tratamento de dados.

2020. Além desses foi necessário à coleta de dados numéricos de uso e ocupação do solo, por meio da integração entre o MapBiomas e o Google Earth Engine (Google, 2008).

A plataforma tem quatro níveis de cobertura do solo. Nesta pesquisa optou-se em utilizar somente os dois primeiros, além da divisão entre elementos naturais e antrópicos. Porém, para uma melhor análise entre a ocupação do solo e posteriormente sua relação com a atividade minerária, definiu-se uma reclassificação das classes de uso do solo, utilizando a ferramenta de reclassificação por tabela contida no programa QGis, versão 3.16 (QGis, 2020) (Quadro 2) (Anexo: A, B, C, D, E, F, G e H). Todavia, é necessário elucidar que, em relação às ocupações de água, esta pesquisa considerou como elemento natural todas as manchas encontradas, mesmo algumas sendo de origem antrópica, como barragens, lagos e lagoas artificiais.

Quadro 2 – Reclassificação das classes de uso do solo.

Nível 1	Nível 2	Reclassificação	Natural / Antrópico
Floresta	Formação Florestal	FORMAÇÃO NATURAL - FLORESTAL	FORMAÇÕES NATURAIS
	Formação Savana		
	Mangue		
	Restinga Arborizada		
Formação Natural Não Florestal	Pantanal (Zona Úmida)	FORMAÇÃO NATURAL - NÃO FLORESTAL	
	Formação de Pradaria (Formação de Pastagem)		
	Salar (Salina)		
	Afloramento Rochoso		
	Outras Formações Não Florestais		
Água	Rio, Lago, Oceano	FORMAÇÃO NATURAL - ÁGUA	
	Aquicultura		
Agricultura	Pasto	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - AGROPECUÁRIA	FORMAÇÕES ANTRÓPICAS
	Agricultura		
Área não vegetada	Praia, Duna e Ponto de Areia	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - OUTRAS ÁREAS NÃO VEGETADAS	
	Outras áreas não vegetadas		
Área não vegetada	Mineração	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - MINERAÇÃO	
Área não vegetada	Área Urbana	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - ÁREA URBANA	

Fonte: Adaptado de MapBiomas, 2022.

A fim de corroborar os dados de uso e ocupação, também foram coletados dados das lavras concedidas para mineração entre os anos de 1935 e 2022. Esses dados estão disponíveis no Sistema de Informação Geográficas da Mineração – SIGMINE (ANM, 2022). Esse sistema é vinculado à Agência Nacional de Mineração - ANM.

Por fim, coletou-se também, na plataforma MapBiomias, dados sobre o uso e ocupação de quatro minerais importantes encontrados na região de análise. Nesta pesquisa optou-se em analisar os seguintes tipos de minerais: Alumínio (Al), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Ouro (Au), esses de uso industrial. Em seguida será descrito todo o tratamento a que os dados coletados foram submetidos.

3.3.2 Tratamento dos dados para análise da evolução do uso e ocupação do solo na região do Q.F

Os dados coletados tiveram dois tratamentos diferentes. O primeiro é aquele engendrado na plataforma MapBiomias. E o segundo é o gerado para esta pesquisa, o qual se baseou na espacialização e ordenação dos dados obtidos.

O tratamento que os dados tiveram no âmbito do MapBiomias pode ser subdividido em sete etapas. A primeira etapa foi à geração de mosaicos com imagens do satélite Landsat, onde a resolução espacial das imagens é de 30x30 metros. Vale ressaltar que as imagens estão disponíveis na plataforma Google Earth Engine. O segundo passo foi verificar os atributos espectrais e temporais das bandas, a fim de realizar a aquisição de amostras de treinamento. Para cada ano é formado um mosaico de todo o Brasil, os quais caracterizam o comportamento de cada pixel. A terceira etapa foi à obtenção de amostras de treinamento, onde se ajustou seu conjunto de dados de treinamento de acordo com a disponibilidade de informações e suas necessidades estatísticas. É necessário pontuar que a classificação utilizada foi à automática. A quarta etapa foi à remoção de ruídos e a estabilização temporal das imagens, por meio de filtros espaciais e temporais, os quais foram empregados nas imagens classificadas. O quinto passo foi à hierarquização de temas que foram integrados em um conjunto de regras para criação de um novo produto. Posteriormente foram aplicados novos filtros espaciais e temporais no final dos mapas integrados. A etapa final foi à análise e avaliação da acurácia das imagens (MapBiomias, 2022, p. 14, tradução nossa).

No segundo tratamento foram realizadas espacializações e o ordenamento dos dados numéricos com a construção de mapas, tabelas e gráficos. No caso dos mapeamentos foram feitas coleções de mapas com a evolução do uso e ocupação do solo nos municípios da região do Q.F. Neste tratamento também foram calculados o Grau Dinâmico de Uso da Terra - GDUT.

Para uma melhor interpretação e análise dos resultados, calculou-se o indicador de **Land Use Dynamic Degree – LUDD** (Grau Dinâmico de Uso da Terra – GDUT), proposto por Deka, Singha e Tripathi (2019), Singha e Tripathi (2019), com base em Zhou e Shi (2011). Com os resultados do GDUT é possível verificar se o uso e a ocupação do solo estão negativos ou positivos. Isto é, se em um determinado período, existiu ganho (GDUT positivo) ou perda (GDUT - negativo) de determinado uso e ocupação da terra. Além disso, ele também fornece um resultado numérico, adimensional, que permite verificar quanto cada uso e ocupação aumentou ou diminuiu em determinado período.

Esse cálculo permite verificar a taxa de mudança do uso da terra ao longo de um período. Porém é necessário, primeiramente calcular a porcentagem da mudança na área de uso do solo, pela seguinte formulação:

$$K = \frac{A_i - A_f}{A_i} \times 100\%. \quad (2).$$

Onde: K é a porcentagem de mudança na área de um uso do solo e A_i e A_f indicam a área inicial e final do uso do solo. Dessa forma, pode-se calcular o GDUT, que segue a seguinte formulação:

$$C = \frac{K}{T_1 - T_2} \quad (3).$$

Onde: C é o GDUT, K é a porcentagem de mudança na área de um uso do solo, T_1 tempo final e T_2 tempo inicial. O indicador foi calculado para os períodos de 1985-1991, 1991-2000, 2000-2010, 2010-2020 e de 1985 a 2020, para os elementos naturais e antrópicos (classes de uso da terra foram reclassificadas), as áreas de mineração e as áreas de mineração de alumínio, ferro, manganês e ouro, para cada município da região do QF.

Como tratamento final, fazendo uso dos resultados do GDUT da mineração, dos elementos naturais e antrópicos, entre 1985 a 2020, sendo os resultados: positivo, negativo ou neutro (municípios onde não foram detectadas áreas de mineração), foi proposta uma classificação dos municípios da região, tendo como base as dimensões ambiental e espacial do DS, em: **Sustentável**, **Não Sustentável**, **Parcialmente Sustentável**, **com tendência a ser sustentável** e **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável** (Quadro 3).

Quadro 3 – Critérios para classificação do nível de sustentabilidade dos municípios do QF.

NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE	CRITÉRIOS		
SUSTENTÁVEL	GDUT DA MINERAÇÃO ENTRE 1985 A 2020 NEGATIVO OU NEUTRO	GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS ENTRE 1985 A 2020 POSITIVO	GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS ENTRE 1985 A 2020 NEGATIVO
NÃO SUSTENTÁVEL	GDUT DA MINERAÇÃO ENTRE 1985 A 2020 POSITIVO	GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS ENTRE 1985 A 2020 NEGATIVO	GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS ENTRE 1985 A 2020 POSITIVO
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL COM TENDÊNCIA A SER SUSTENTÁVEL	GDUT DA MINERAÇÃO ENTRE 1985 A 2020 NEGATIVO	GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS ENTRE 1985 A 2020 NEGATIVO	GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS ENTRE 1985 A 2020 POSITIVO OU NEGATIVO
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL COM TENDÊNCIA A NÃO SER SUSTENTÁVEL	GDUT DA MINERAÇÃO ENTRE 1985 A 2020 POSITIVO	GDUT DOS ELEMENTOS NATURAIS ENTRE 1985 A 2020 NEGATIVO OU POSITIVO	GDUT DOS ELEMENTOS ANTRÓPICOS ENTRE 1985 A 2020 POSITIVO

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Igualmente, também foram coletados e tratados dados para a caracterização físico-natural da área de estudo. Nesta caracterização foram analisados os aspectos: geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos, hidrográficos e da vegetação. Os dados para esta caracterização foram obtidos no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Os dados estão em arquivo Shape - SHP, para o ano de 2021, na escala 1: 250.000.

Para a elaboração dos mapas optou-se em utilizar dois softwares. O primeiro é o Quantum Gis – Qgis, na sua versão estável 3.16 Hannover (QGis, 2020). O segundo programa é o Arcgis versão 10.6.1 versão para teste (ESRI, 2018). As bases obtidas foram em arquivo Shape, compatível tanto com os programas QGis e Arcgis. Para os mapeamentos utilizou-se o Datum SIRGAS, 2000 e o sistema de projeção cartográfica UTM 23 S – K- 23. Na estruturação das legendas foram aplicadas duas técnicas estatísticas.

A primeira foi utilizada para determinar o número de classes, tendo sido aplicado o método Sturges, o qual se dá pela seguinte fórmula:

$$K = 1 + \text{LOG } N / \text{LOG } 2 \text{ na base } 10 \quad (4),$$

onde, “N” representa o número de observações. Devido à aplicação do método o resultado obtido foi de 6,13, ou seja, seis classes. A segunda técnica utilizada definiu o tamanho das classes nos mapas, essa foi à divisão por Quantis, os quais são pontos estabelecidos em intervalos regulares a partir da função distribuição acumulada, de uma variável aleatória (Ramos *et al*, 2016, p.620), mas modificado para a separação entre os graus de uso da terra positivos e negativos. Nesse sentido, a fim de verificar as mudanças temporais do uso e ocupação do solo foram elaboradas coleções de mapas representando os períodos de estudo. A legenda foi estruturada com a replicação da divisão de classes do primeiro período mapeado (1980), para os demais anos (1991,

2000, 2010 e 2020). Já para as análises gráficas, tabelas e quadros, o software utilizado foi o Microsoft Excel versão 2016 desktop.

3.4 Breve caracterização Físico-natural da região de análise

A região do QF tem uma localização privilegiada, tanto no estado de Minas Gerais, como no Brasil (Apêndice I). Isso se deve principalmente pelo histórico de ocupação devido à exploração mineral, no qual está diretamente relacionado à sua história natural – geológica e antrópica.

O QF pode ser caracterizado em duas versões. A primeira é do ponto de vista físico-geológico-natural, o qual compreende um tamanho de aproximadamente 3.000 km² (três mil quilômetros quadrados). Contudo, levando em consideração o tamanho da área de estudo, com seus 35 municípios, esse valor é de cerca de 13.000 km² (treze mil quilômetros quadrados) (ver Figura 1).

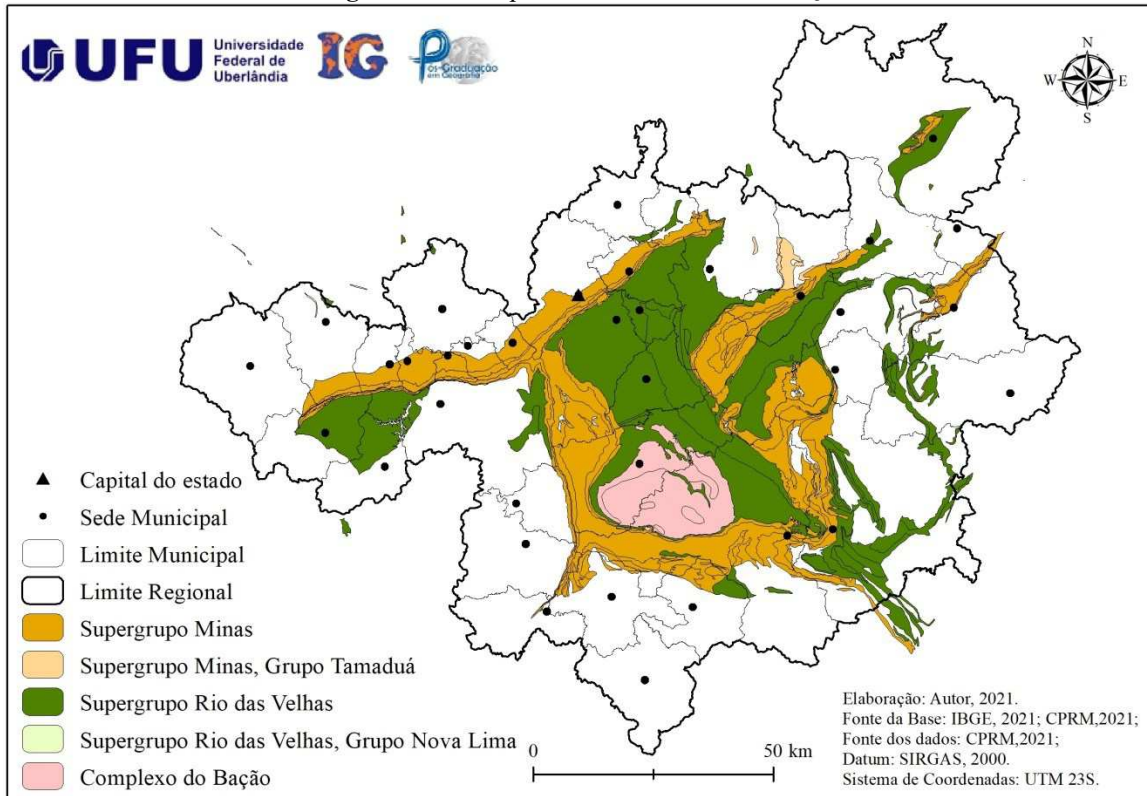
O QF é uma região que abriga uma diversidade natural significativa. Todavia, é o seu aspecto geológico que gera atrativos, tanto investigativos, como econômicos. Entretanto, é necessário também conhecer outros aspectos naturais da região, que são fundamentais para sua compreensão físico-natural. Dentre esses aspectos pode-se destacar: os climáticos, do relevo; pedológicos, das formações vegetais e hidrográficas.

As principais unidades geológicas encontradas na região são as do Supergrupo Rio das Velhas e do Supergrupo Minas. O Supergrupo Rio das Velhas é constituído por sequências de vulcano-sedimentos, datados do Arqueano. Já o Supergrupo Minas é formado principalmente por metassedimentos, datados do Proterozóico (Figura 05). Sobre a litologia destacam-se os seguintes tipos de rochas: Dolomito, Itabirito, Quartzito e as formações ferríferas, além dos Granitóides e Ortognaisses presentes no Complexo do Baçõ (Varajão *et al*, 2009, p. 1.411).

Com base nisso, pode-se entender também o relevo do QF. Esse é formado, em sua maioria, por terrenos movimentados, com altitudes superiores a 900 metros (Azevedo *et al*, 2012, p. 187). A porção leste da região é formada por um sistema geomorfológico de Serras formadas por relevos de altitude absolutas superiores a 1.200 metros, possuindo uma relação intrínseca com a litoestrutura do substrato rochoso dobrado. Já na porção central e oeste as predominâncias são de Planaltos, os quais são constituídos por relevos com topografia elevada, caracterizados por se

desenvolver em qualquer litologia ou estruturas, onde em específico no QF esses planaltos são formados por estruturas de rochas ígneas e metamórficas (Rodrigues, Augustin e Nazar, 2023, p. 14 – 17).

Figura 5 – Principais unidades do relevo do QF.



Fonte: IBGE, 2024.

Já os solos predominantes no QF podem ser definidos em três unidades principais: os Afloramentos de Rocha, os Cambissolos e os Latossolos (Varajão, *et al*, 2009, p. 1411). Entretanto, pode-se destacar também a presença de Neossolos, Argissolo e principalmente os Plintossolos. Vale destacar, que em relação aos plintossolos, esses são uma formação superficial extensa constituída de rochas ferruginosas que cobrem os topos arredondados das serras da região, também denominado de Canga Ferruginosa (Filho, Curi, Shinzato, 2010, p. 907 e 908). Esses afloramentos são encontrados principalmente na porção central da região se estendendo para o norte. Os Cambissolos são encontrados em uma parcela significativa do QF indo desde o norte até o sul da região. Os Latossolos podem ser encontrados nas porções leste e oeste da região. Já os Neossolos são visualizados em parte da região central e no extremo nordeste. Os

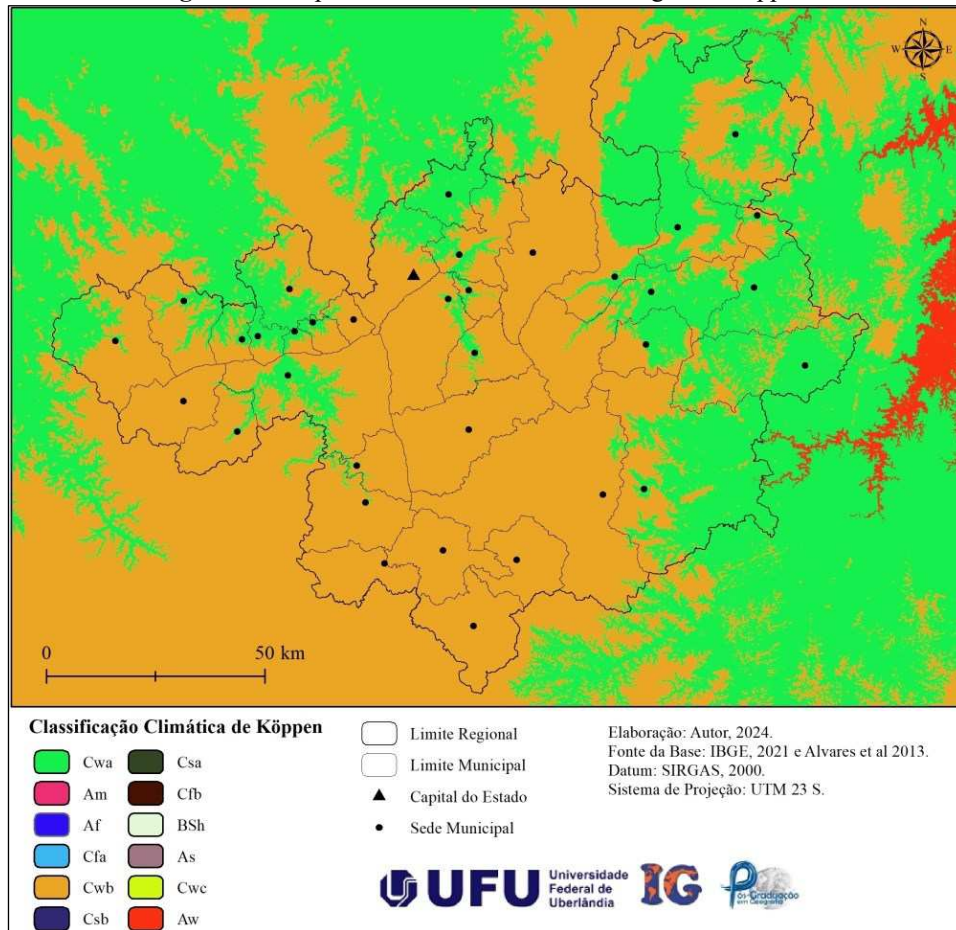
Argissolos são solos que se localizam nas bordas do QF. E os Plintossolos são encontrados na porção centro-oeste.

Com efeito, devido à diversidade natural do QF, isso propicia condições de uma multiplicidade da flora, principalmente em uma região que é a transição entre os Domínios Morfoclimáticos do Cerrado e da Mata Atlântica (Azevedo *et al*, 2012, p. 187). Em relação à distribuição espacial da vegetação existe uma parcela expressiva de formações antropizadas, no caso a Agropecuária, a Pastagem e a Urbanização. Todavia, ainda na porção centro-oeste existe formações florestais e de savanas.

Sobre o clima, segundo a classificação climática de Köppen existem dois tipos de climas predominantes no QF. O primeiro é o Subtropical de Altitude (Cwb), caracterizado por chuvas concentradas no verão, temperaturas mais amenas (verões brandos), o que se deve ao fator altimétrico. O segundo é Subtropical úmido (Cwa), caracterizado por verões quentes e chuvosos, correspondendo ao tipo Tropical de Altitude (Torres e Machado, 2008, p. 183). Além disso, é importante mencionar que a alternância de altitude possibilita a ocorrência de microclimas, com características diferentes dos tipos climáticos predominantes na região (Azevedo *et al*, 2012, p. 187). As atuações desses tipos climáticos estão diretamente relacionadas com a morfologia do terreno e sua vegetação. O tipo climático Cwb condiz com as áreas de planalto, correspondendo aos municípios da porção central, sul e parte do oeste e o Cwa nas áreas de Montanhas e Serras na região, afetando os municípios do leste, parte do norte e oeste (Figura 06).

Em relação à hidrografia, o QF está localizado entre duas importantes bacias hidrográficas. No leste está a bacia do Rio Doce e no oeste a bacia do Rio São Francisco, em específico o Alto São Francisco. Nestas bacias também estão localizados rios relevantes, não somente para a região, mas para Minas Gerais e o Brasil, são eles o Rio das Velhas e o Rio Paraopeba. É necessário pontuar que esses dois contribuem para o abastecimento de água da RMBH. Segundo Azevedo *et al* (2012, p. 187) “as rochas influenciam o curso dos rios, formando trechos encachoeirados e vales profundos. Isto ocorre principalmente no rio das Velhas, onde as variações na altitude do relevo são marcantes”.

Figura 6 – Mapa da variabilidade climática segundo Köppen.



Fonte, Alvares *et al*, 2013.

Por fim, a região do QF é, do ponto de vista físico-natural, de relevante importância para o estado de Minas Gerais e para o Brasil. Esse interesse é devido aos significativos recursos minerais encontrados na região. Uma vez que, a região é uma das maiores produtoras de minério de ferro do mundo.

3.5 A evolução do uso e ocupação do solo e a Dimensão Ambiental do Desenvolvimento Sustentável nos municípios da Região do QF

O Ambiente dentro da perspectiva do DS deve ser considerado como a união entre os elementos da natureza e da sociedade. A produção do Ambiente então é construída pela inter-relação entre os elementos naturais e antrópicos. Essa inter-relação funciona como um sistema,

por meio das trocas de energia e matéria, onde este fluxo engendra processos que evoluem no tempo e que é delimitado pelo espaço geográfico (Oliveira, 1982, p. 53).

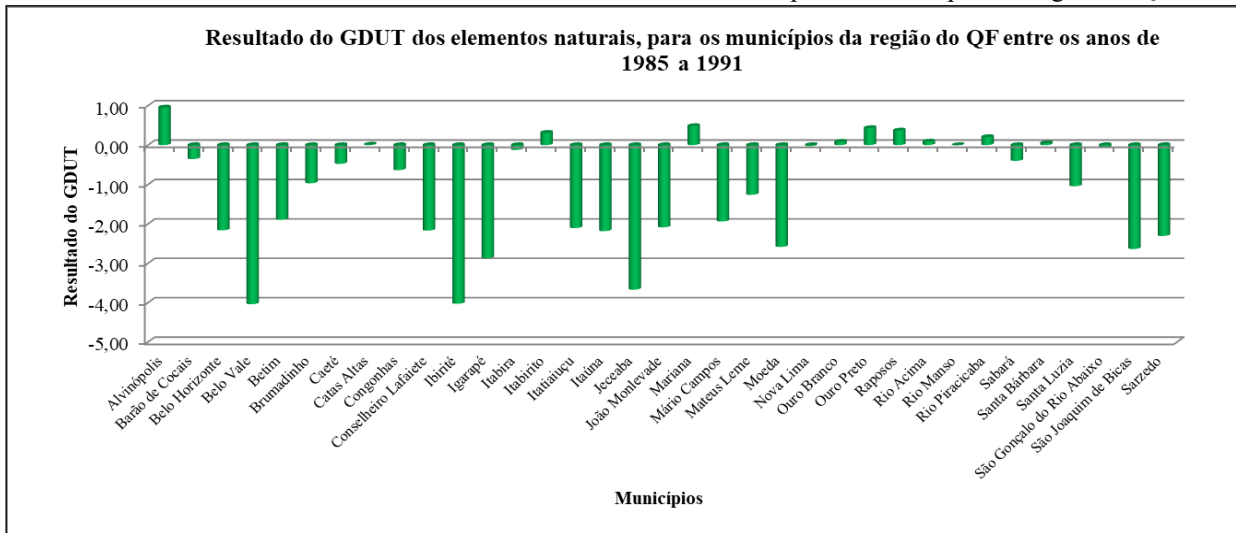
Dito isso, deve haver um equilíbrio entre a natureza e a sociedade, para que o objetivo do DS seja cumprido em sua integralidade, principalmente em regiões de mineração. A fim de verificar esse equilíbrio é necessário analisar a evolução dos seus elementos, por meio do uso e ocupação do solo. Ao analisar esses dados é possível entender a dinâmica do uso da terra e a influência da atividade mineradora, e com isso ponderar se determinado município do QF é sustentável, não sustentável ou parcialmente sustentável.

3.5.1 A evolução dos usos e ocupações dos elementos naturais nos municípios da região do QF

Os elementos naturais, dentro da perspectiva do uso e ocupação do solo, são aqueles relacionados às formações vegetais e à água. A partir destes elementos pode-se verificar a dinâmica dos usos e ocupação do solo em determinado período. Assim, para entender as modificações dos elementos naturais dos municípios da região do QF e posteriormente verificar a influência da mineração, foram analisados cinco períodos distintos, por meio do cálculo do GDUT, a saber: **1985 – 1991; 1991 -2000; 2000 - 2010; 2010 - 2020 e 1985 - 2020.**

Os resultados do GDUT para o período de 1985 a 1991 evidenciou a perda de elementos naturais em 25 dos 35 municípios, correspondendo a 71,42% do total (Gráfico 01). Os municípios que apresentaram os maiores GDUT negativos, acima de -2,00 foram: Belo Horizonte (-2,16), Belo Vale (-4,04), Conselheiro Lafaiete (-2,17), Ibirité (-4,03), Igarapé (-2,87), Itatiaiuçu (-2,11), Itaúna (-2,18), Jeceaba (-3,67), João Monlevade (-2,09), Moeda (-2,58), São Joaquim de Bicas (-2,64) e Sarzedo (-2,31). Entre os municípios que aumentaram suas áreas naturais os destaques são Alvinópolis (0,95), Mariana (0,48), Ouro Preto (0,43) e Raposos (0,37), mas todos têm valores inferiores a 1,00.

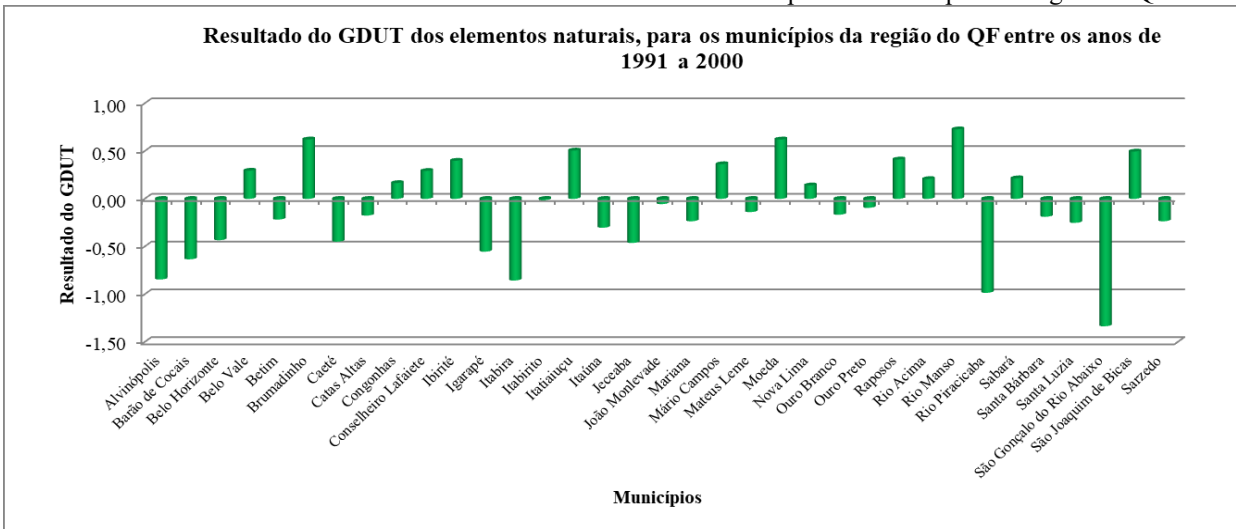
Gráfico 1 – Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomias, 1985 – 1991.

Entre os anos de 1991 e 2000 ocorreu uma mudança na dinâmica do uso e ocupação dos elementos naturais entre os municípios. Nos GDUT's negativos foi evidenciada uma diminuição do número de 25 para 22, e ainda na maioria desses municípios o grau negativo não ultrapassou o valor de -1,00 (Gráfico 2). Entre esses municípios com grau negativo se destacam Rio Piracicaba (-0,98) e o único que ultrapassou o valor de -1,00 foi São Gonçalo do Rio Abaixo (-1,33). Já sobre os municípios com GDUT positivo pode-se destacar Brumadinho (0,62), Itaipetuba (0,51), Rio Manso (0,73) e São Joaquim de Bicas (0,50).

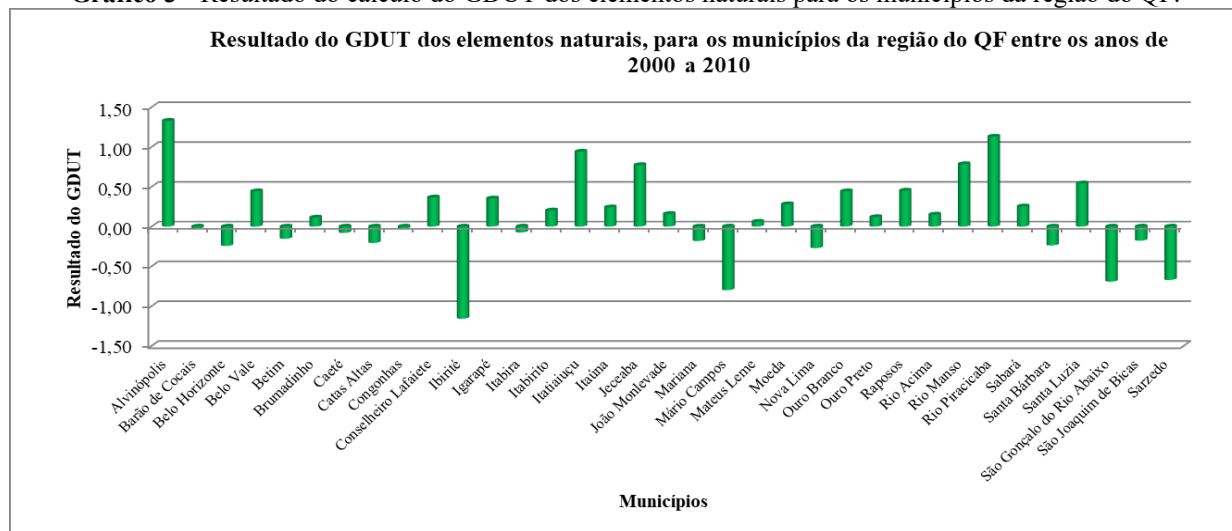
Gráfico 2 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomias, 1991 - 2000.

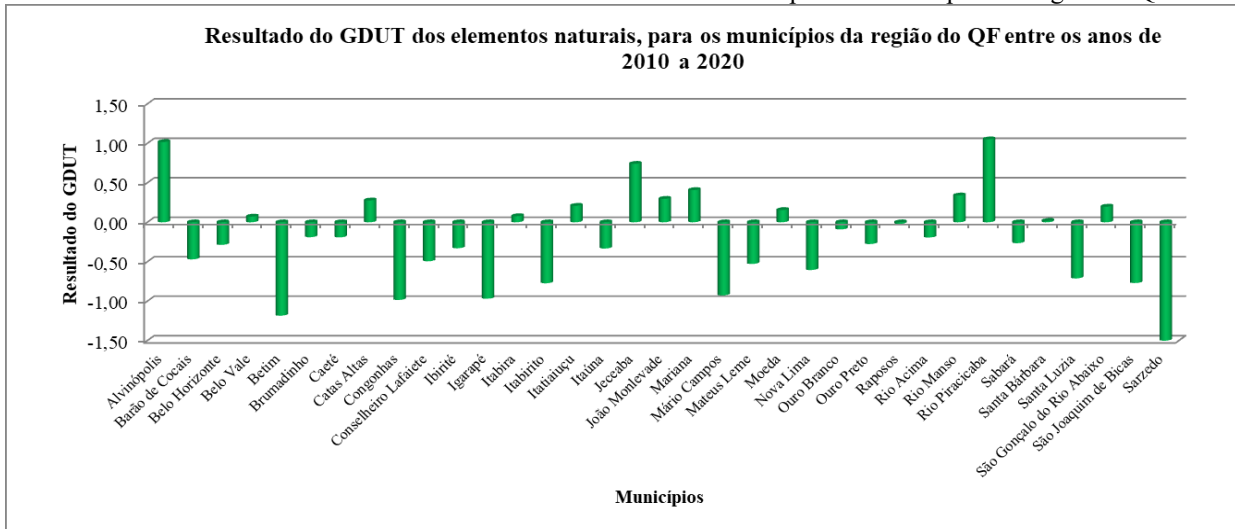
O período entre os anos de 2000 e 2010 evidenciou uma mudança de comportamento dos graus dinâmicos negativos, isto é, neste período a maior parte dos municípios obteve graus positivos, no caso 20 dos 35 (Gráfico 3). Os destaques são Alvinópolis (1,33), Itatiaiuçu (0,94), Jeceaba (0,77), Rio Manso (0,79) e Rio Piracicaba (1,13). Os municípios com GDUT's negativos reduziram de 22 para 15, entre 2000 e 2010, tendo como destaques os municípios de Ibirité (-0,16), Mário Campos (-0,80), São Gonçalo do Rio Abaixo (-0,69) e Sarzedo (0,67).

Gráfico 3 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.



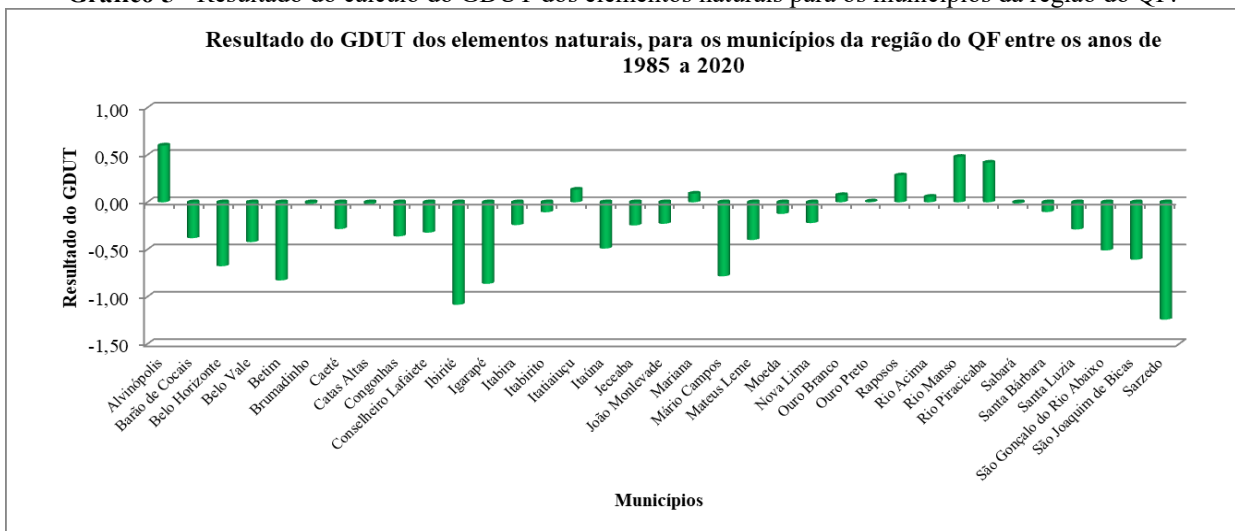
Fonte: MapBiomias, 2000 - 2010.

Entretanto, no período entre 2010 e 2020 a perspectiva de graus dinâmicos negativos voltou a se elevar (Gráfico 4). O número de GDUT's negativos no período foi de 23, com destaque para os municípios de Betim (-1,18), Congonhas (-0,98), Igarapé (-0,97), Itabirito (0,77), Mário Campos (-0,93), Santa Luzia (-0,71), São Joaquim de Bicas (-0,77) e Sarzedo (-1,57). Os positivos somaram-se somente 12, uma diminuição de 10 municípios, que anteriormente eram positivos, os destaques são: Alvinópolis (1,02), Jeceaba (0,74) e Rio Piracicaba (1,05).

Gráfico 4 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.

Fonte: MapBiomias, 2010 - 2020.

Desse modo, ao observar o grau dinâmico de todo o período de estudo, de 1985 a 2020, é perceptível a perda de elementos naturais, mesmo que entre 2000 e 2010 tenha tido um ganho. Dos 35 municípios, 26 tinham grau negativo, ou seja, 74,28% e somente nove tinham GDUT positivo (Gráfico 5). Os destaques do grau negativo foram Belo Horizonte (-0,68), Betim (-0,83), Ibirité (-1,08), Igarapé (-0,86), Mário Campos (-0,78), São Joaquim de Bicas (0,61) e Sarzedo (-1,24). Já os maiores ganhos dos elementos naturais foram nos municípios de Alvinópolis (0,60), Rio Manso (0,48) e Rio Piracicaba (0,42).

Gráfico 5 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos naturais para os municípios da região do QF.

Fonte: MapBiomias, 1985 - 2020.

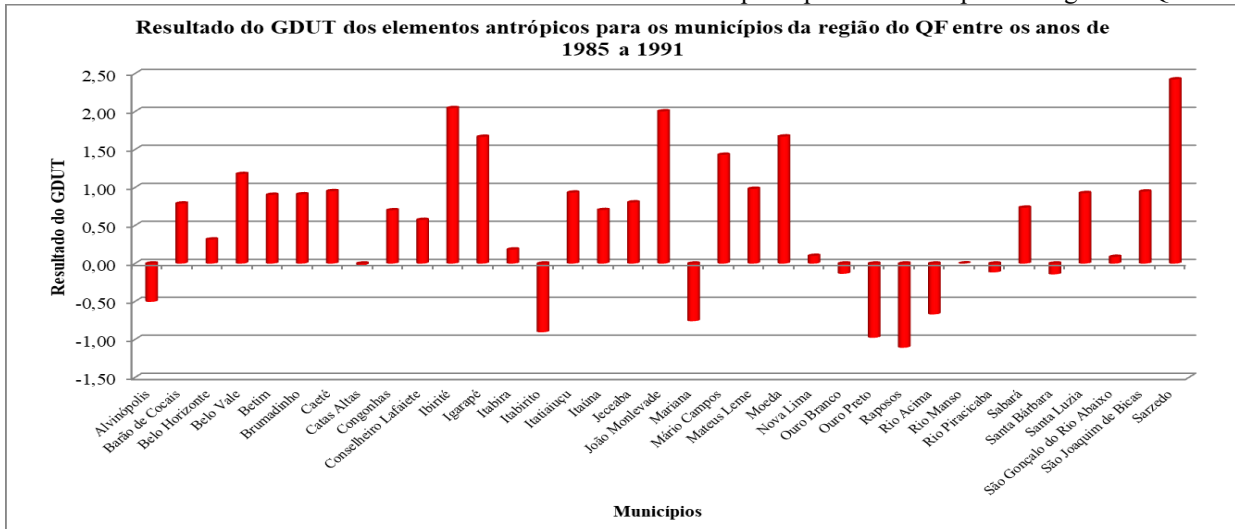
Logo, é evidente a perda de elementos naturais durante o período de estudo nos municípios da região do QF. Contudo, é necessário dentro, da dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável, verificar os resultados dos elementos antrópicos. Uma vez que, são esses elementos em que a sociedade constrói suas bases.

3.5.2 A evolução dos usos e ocupações dos elementos antrópicos nos municípios da região do QF

Os elementos relacionados à sociedade ocupam um espaço importante dentro da perspectiva da dimensão ambiental e do uso e ocupação do solo nos municípios da região do QF. Nesta pesquisa os usos antrópicos foram agrupados em três macros áreas: agropecuária (inclusive as florestas plantadas), áreas urbanas e outras áreas não vegetadas. A partir disso, foi possível verificar as flutuações e a dinâmica, dentro da escala temporal analisada, dos elementos da sociedade entre os municípios da região do QF.

Entre os anos de 1985 e 1991 é possível perceber que o GDUT na maioria dos municípios, no caso 25, foi positivo. Isso denota que na maior parcela de municípios os elementos antrópicos, dentro desse período, aumentaram suas ocupações (Gráfico 6). Dentre os municípios que mais ganharam formações antrópicas pode-se pontuar Ibirité (2,05), Igarapé (1,67), João Monlevade (2,00), Mário Campos (1,43), Moeda (1,67) e Sarzedo (2,42). Já os municípios que têm grau dinâmico negativo, ou seja, que perderam formações antrópicas, pode-se destacar Itabirito (-0,90), Mariana (-0,76), Ouro Preto (-0,98) e Raposos (-1,11).

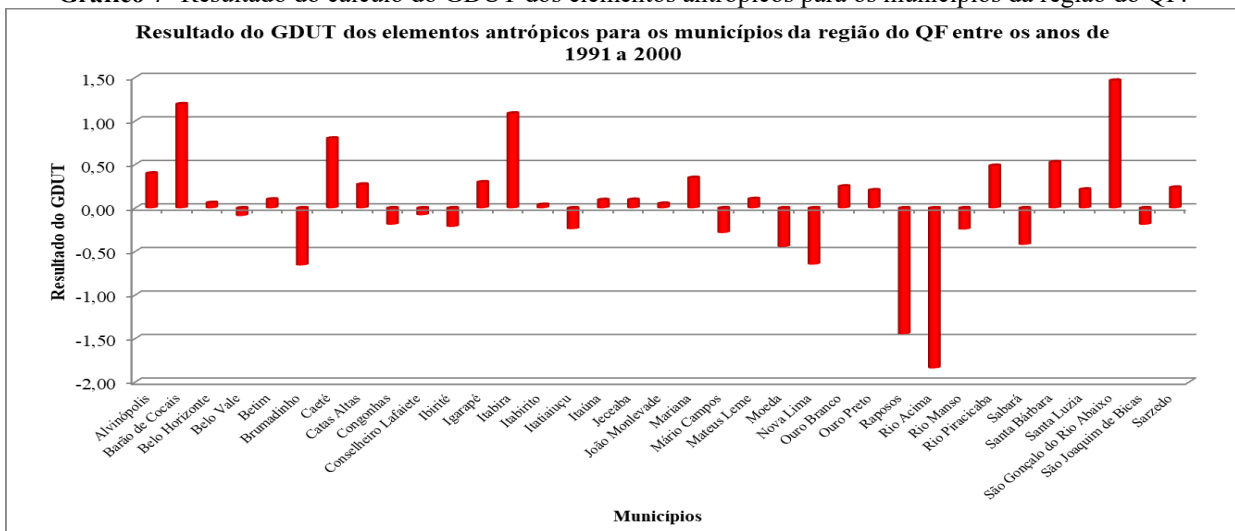
Gráfico 6 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomás, 1985 - 1991.

De 1991 a 2000 o número expressivo de municípios que obtiveram grau de uso da terra positivo diminuiu, passando dos 25 no período de 1985 - 1991, para 20, em 1991 - 2000 (Gráfico 7). Os municípios que representam o maior ganho de ocupações antrópicas são Barão de Cocais (1,20), Caeté (0,80), Itabira (1,09) e São Gonçalo do Rio Abaixo (1,47). Já que perderam podem-se salientar Raposos (-1,45) e Rio Acima (-1,84).

Gráfico 7- Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.

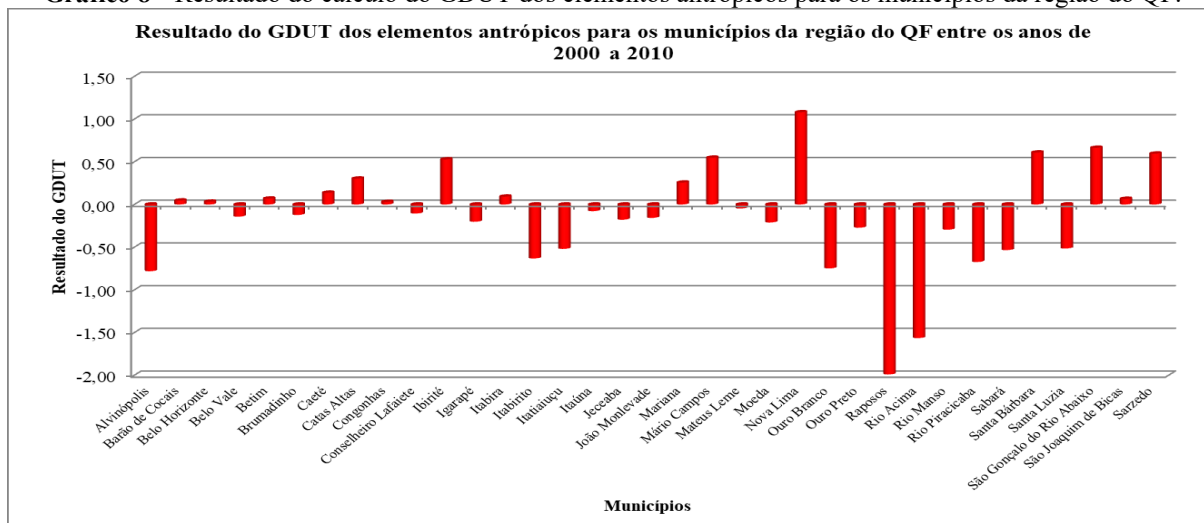


Fonte: MapBiomás, 1991 - 2000.

Assim, como ocorreu ao analisar os elementos naturais, o período de 2000 a 2010 se diferencia dos demais. Dos 35 municípios, nesse período, 20 apresentaram resultados negativos e

15 positivos, ou seja, uma inversão levando em conta os dois períodos anteriores (Gráfico 8). Porém, o único destaque positivo é o município de Nova Lima com um grau de uso da terra de 1,08. E os destaques negativos são novamente Raposos (-1,99) e Rio Acima (-1,56).

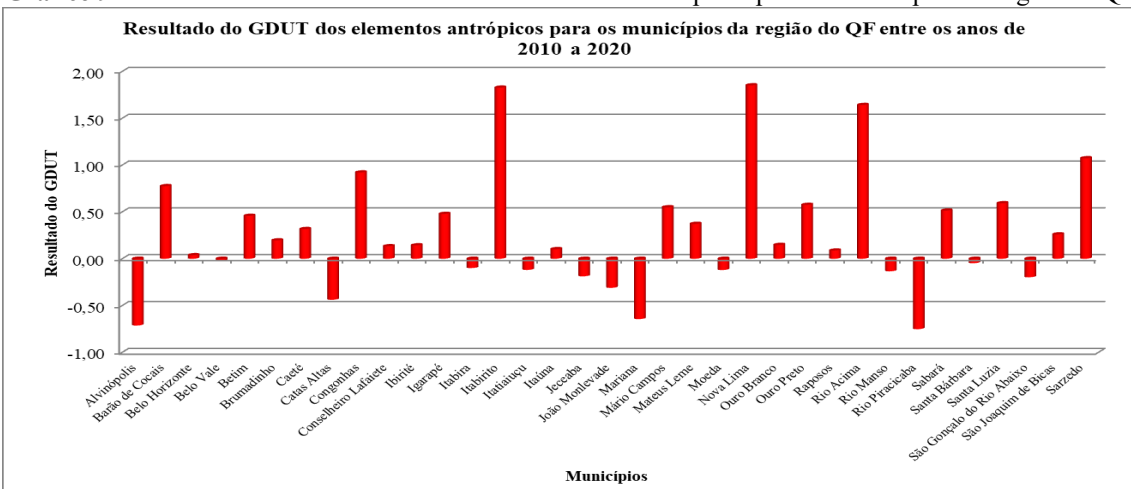
Gráfico 8 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomias, 2000 - 2010.

Não obstante, no período de 2010 a 2020 o cenário visto nos dois primeiros períodos retornou (Gráfico 9). Os municípios que detinham GDUT positivo eram 22, contra somente 13 dos positivos, isto é, um aumento de graus positivos, em comparação com 2000 a 2010 de sete municípios. Os destaques do grau positivo são Itabirito (1,83), Rio Acima (1,64) e Sarzedo (1,07), já os negativos são Alvinópolis (-0,71), Mariana (-0,64) e Rio Piracicaba (-0,75).

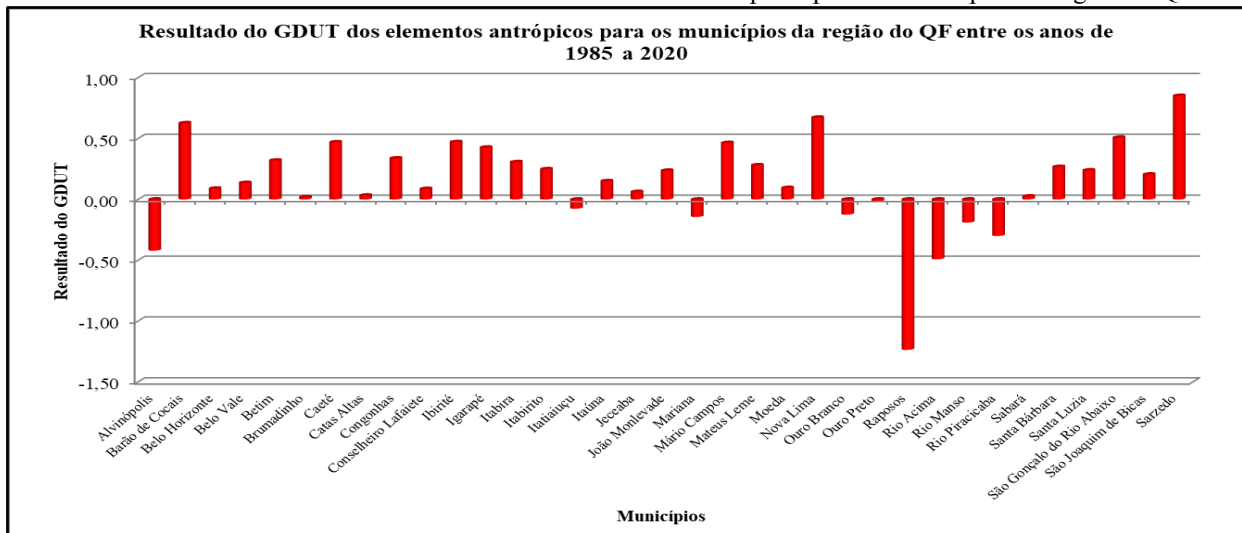
Gráfico 9 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomias, 2010 - 2020.

Dessa maneira, ao calcular os graus de uso de todo o período de 1985 a 2020 fica notório a tendência de diminuição dos elementos naturais frente aos antrópicos (Gráfico 10). No período 74,28% dos municípios da região tinham GDUT positivo, ou seja, 26 e somente nove com grau negativo. Em todo o período três municípios se destacaram com grau positivo acima de 0,50, são eles Barão de Cocais (0,63), Nova Lima (0,67) e Sarzedo (0,85). Já sobre o grau negativo os destaques foram Alvinópolis (0,42), Raposos (-1,24) e Rio Acima (-0,49).

Gráfico 10 - Resultado do cálculo do GDUT dos elementos antrópicos para os municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomias, 1985 - 2020.

Dentre os destaques, entre os elementos antrópicos da região do QF, está a mineração. Assim, é fundamental analisar a evolução do seu GDUT, devido à existência de áreas de extração mineral em 32 dos 35 municípios que compõem o recorte espacial desta pesquisa. E ainda a atividade minerária influencia, nos municípios da região, os outros elementos tanto os naturais, como os outros antrópicos.

3.5.3 A evolução dos usos e ocupações da mineração, nos municípios da região do QF

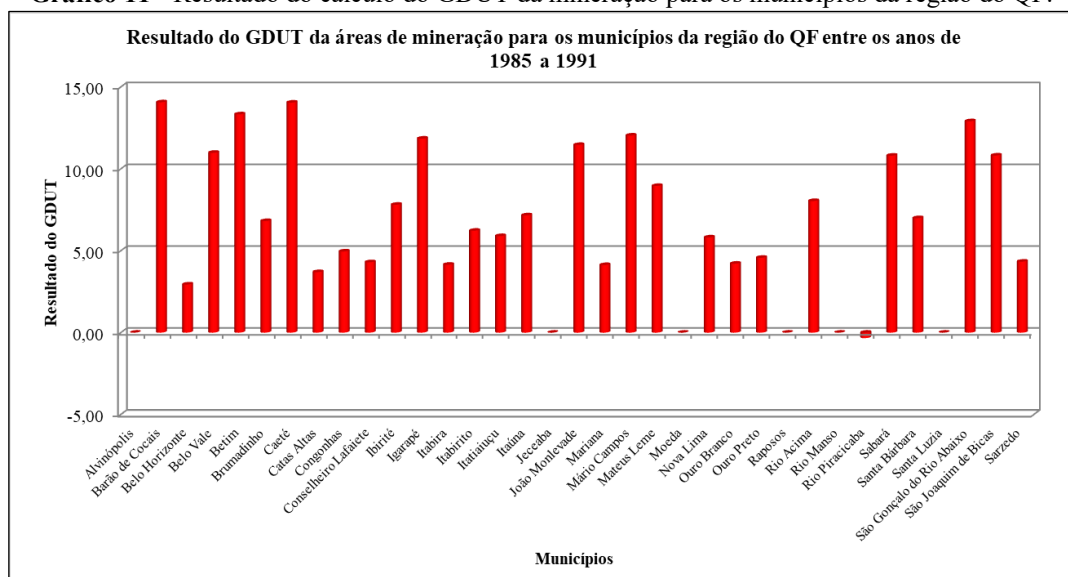
A evolução do GDUT da mineração revela que as ocupações de mineração têm ganhado, a cada decênio de estudo, importância devido a sua atuação no cenário econômico dos municípios da região. Essa atividade é a que engendra transformações nos municípios e na região do QF,

atuando de forma direta e indireta na dinâmica de modificação do uso e ocupação dos elementos naturais e antrópicos. A percepção dessas mudanças é notada no recorte temporal de 1985 a 2020.

Ao analisar o grau de mudança do solo entre os anos de 1985 e 1991 somente um município foi identificado com grau negativo relacionado à mineração, o município de Rio Piracicaba (-0,33) (Gráfico 11). Os demais obtiveram grau positivo, nos quais 10 deles tinham um grau acima de 10, são eles Barão de Cocais (14,07), Belo Vale (10,99), Betim (13,33), Caeté (14,05), Igarapé (11,85), João Monlevade (11,46), Mário Campos (12,04), Sabará (10,81), São Gonçalo do Rio Abaixo (12,91) e São Joaquim de Bicas (10,82). É necessário pontuar que não foram identificadas ocupações de mineração, de acordo com os dados coletados, nos municípios de Alvinópolis, Jeceaba, Moeda, Raposos, Rio Manso e Santa Luiza, para o período de 1985 - 1991.

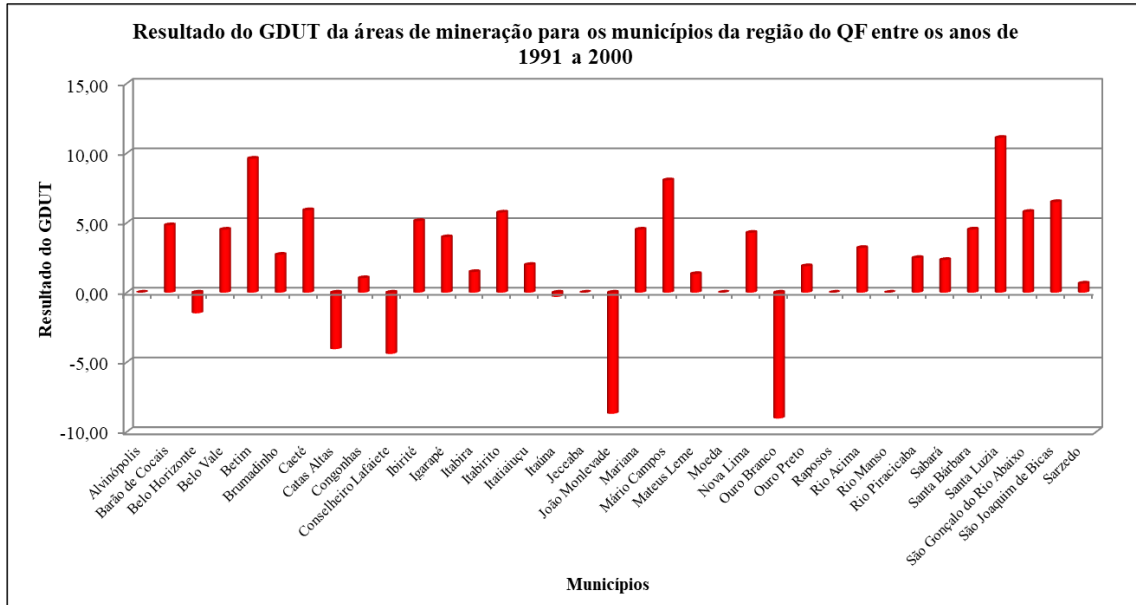
Já no período entre os anos de 1991 e 2000 o quadro mudou, no qual nesse recorte temporal foram identificados seis municípios com grau de uso da terra negativo, com destaque para João Monlevade com um grau de -8,69 e Ouro Branco com -9,03. (Gráfico 12). Sobre os municípios com grau positivo somente Santa Luzia obteve um grau acima de 10,00. Contudo, podem-se destacar também os municípios de Betim (9,62) e Mário Campos (8,07), com GDUT positivos. Nos municípios de Alvinópolis, Jeceaba, Moeda, Raposos e Rio Manso não foram identificadas ocupações de mineração.

Gráfico 11 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.



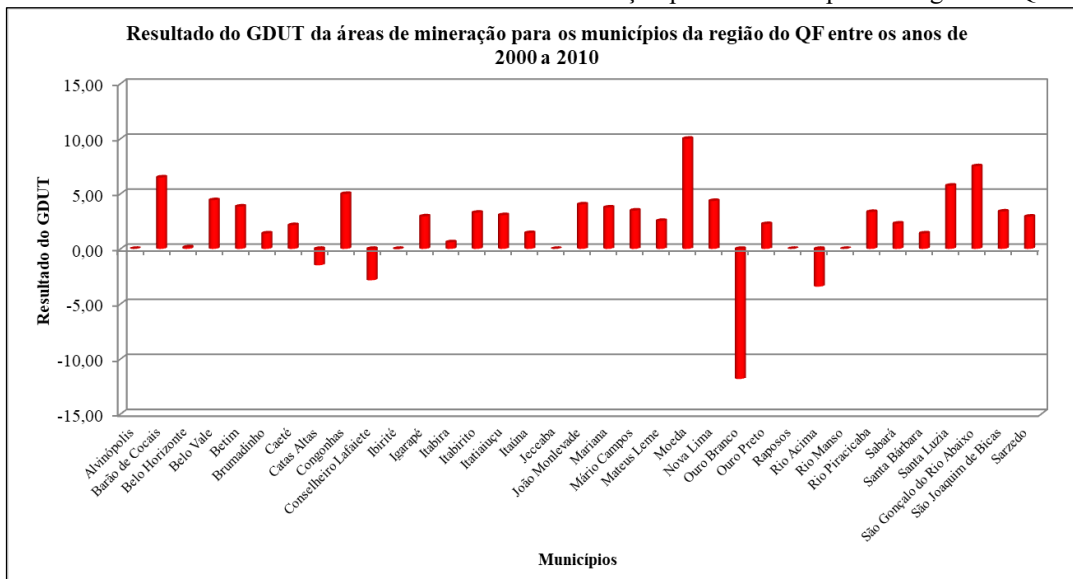
Fonte: MapBiomias, 1985 - 1991.

Gráfico 12 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.



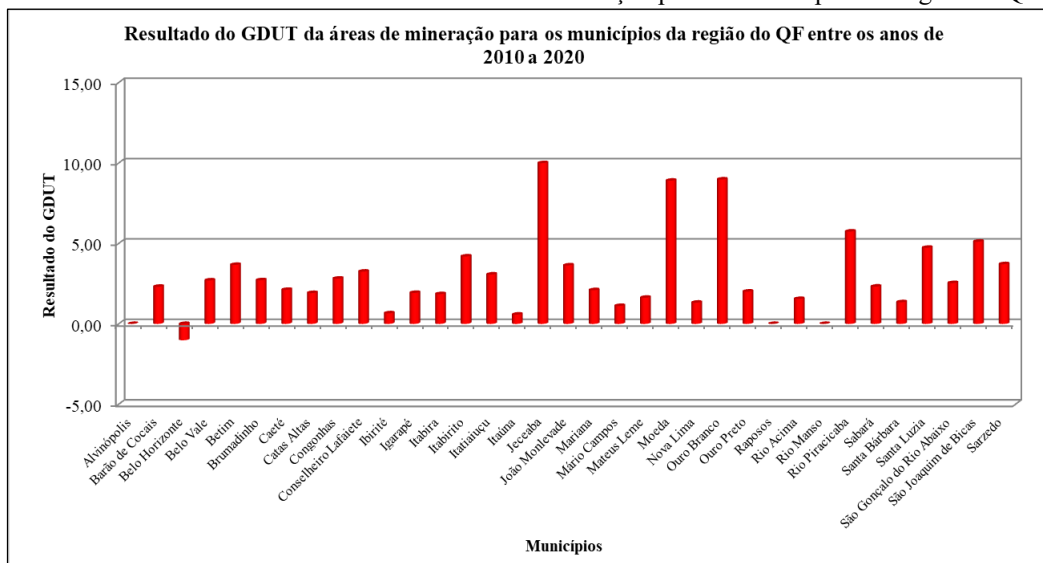
Fonte: MapBiomias, 1991 - 2000.

Posteriormente, no período entre 2000 e 2010, novamente a maioria dos municípios obtiveram graus de uso do solo positivos. O destaque positivo foi o município de Moeda (10,00), onde no período anterior não foram evidenciadas ocupações de mineração. Entretanto, também se devem evidenciar, com graus acima de 5,00, os municípios de Barão de Cocais (6,49), Santa Luzia (5,74) e São Gonçalo do Rio Abaixo (7,50) (Gráfico 13). Já sobre o grau negativo o resultado mais expressivo é o do município de Ouro Branco acima de -10,00 (-11,82). Os municípios onde não foi observada mineração no período são Alvinópolis, Jeceaba, Raposos e Rio Manso.

Gráfico 13 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.

Fonte: MapBiomias, 2000 – 2010 e 2010 – 2020.

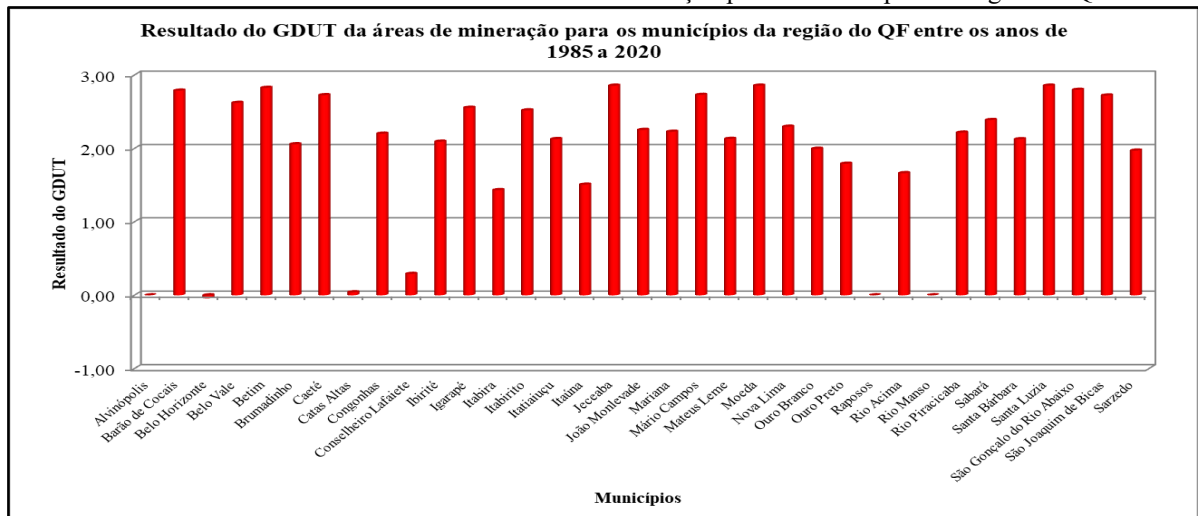
No período de 2010 a 2020 todos os municípios com mineração obtiveram grau positivo, tendo como destaques, com GDUT maior que 5,00: Jeceaba (10,00), que até este período não foram identificadas áreas de mineração em seu território, Moeda (8,91), Ouro Branco (8,98) e Rio Piracicaba (5,74) (Gráfico 14). Já o único com grau negativo neste período foi Belo Horizonte, com um grau de -1,01. Os municípios que não apresentaram mineração foram Alvinópolis, Raposos e Rio Manso.

Gráfico 14 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.

Fonte: MapBiomias, 2010 – 2020.

Já ao analisar o GDUT de todo o período de 1985 a 2020 pode-se perceber que somente um município obteve grau negativo de -0,04, no caso Belo Horizonte (Gráfico 15). Todos os demais obtiveram grau positivo, ao analisar todo o período. Dos 35 municípios, 23 estão com grau positivo acima de 2,00, ou seja, 65% dos municípios tiveram um ganho regular nas áreas destinadas à extração mineral. Os municípios que em todo o período não foram observados usos da mineração foram Alvinópolis, Raposos e Rio Manso.

Gráfico 15 - Resultado do cálculo do GDUT da mineração para os municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomias, 1985 - 2020.

Igualmente, ao analisar o GDUT dos minerais: ferro, ouro, manganês e alumínio, esses elucidam ainda mais o que foi visto anteriormente (Tabela 1). Contudo, no caso do manganês, este mineral perdeu espaço nos períodos de 1991 a 2000, 2000 a 2010 e no período inteiro de 1985 a 2020. Em contraste, o alumínio obteve um avanço importante, principalmente no período de 1985 a 2000. No caso do ouro existe uma oscilação entre os períodos estudados, mas em todo o período de 1985 a 2020 seu grau se manteve positivo. Por fim, a mineração de ferro vem perdendo áreas, mas continua com grau positivo em todos os períodos.

Tabela 1 - Resultado do cálculo do GDUT para ferro, ouro, manganês e alumínio na região do QF.

TIPO DE USO	GDUT									
	1985 - 1991	POS / NEG	1991 - 2000	POS / NEG	2000 - 2010	POS / NEG	2010 - 2020	POS / NEG	1985 - 2020	POS / NEG
MINERAÇÃO FERRO	5.29	POSITIVO	2.22	POSITIVO	2.39	POSITIVO	2.20	POSITIVO	1.93	POSITIVO
MINERAÇÃO OURO	14.71	POSITIVO	3.64	POSITIVO	7.27	POSITIVO	4.70	POSITIVO	2.82	POSITIVO
MINERAÇÃO MANGANÊS	3.94	POSITIVO	-4.72	NEGATIVO	-2.73	NEGATIVO	1.12	POSITIVO	-0.66	NEGATIVO
MINERAÇÃO ALUMÍNIO	4.64	POSITIVO	4.73	POSITIVO	3.59	POSITIVO	2.82	POSITIVO	2.31	POSITIVO

Fonte: MapBiomias, 1985 - 2020.

Logo, é possível perceber a importância da mineração no contexto dos municípios do QF. E diferentemente da dinâmica das ocupações naturais, a mineração vem ganhando espaço no uso e ocupação do solo nos municípios estudados. A sistemática da mineração se assemelha a dos elementos antrópicos, nos quais foram evidenciados graus positivos na maior parte dos períodos analisados e dos municípios estudados. Contudo, é necessário analisar, além da evolução do GDUT, também a sua distribuição espacial, ou seja, a dimensão espacial do DS.

3.6 A evolução do uso e ocupação do solo e a Dimensão Espacial do Desenvolvimento Sustentável nos municípios da Região do QF

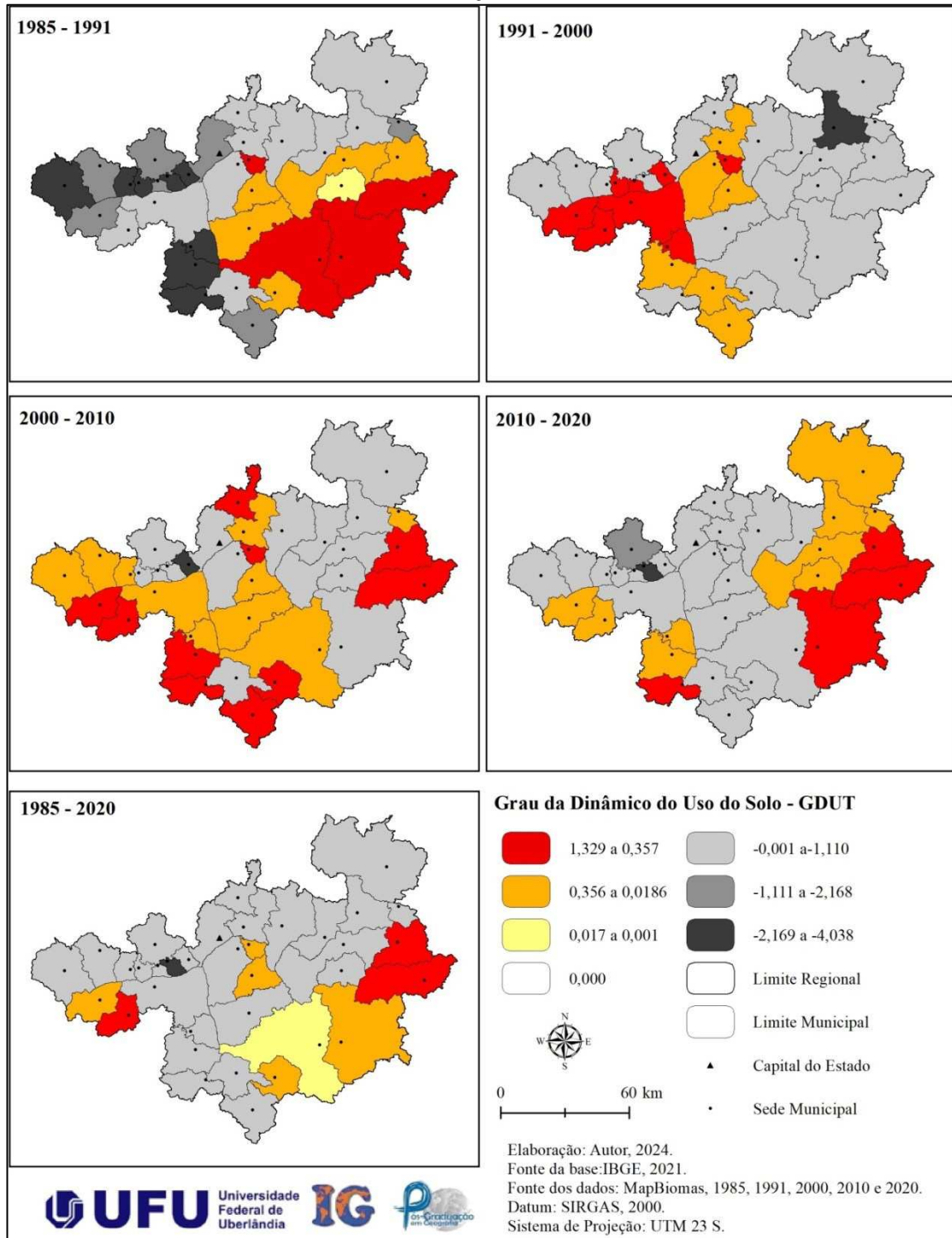
A Dimensão Espacial do DS é de fundamental importância para se analisar a evolução do uso e ocupação do solo e as influências da mineração no espaço geográfico. Assim, ao pensar o DS é necessário compreender as dinâmicas do espaço, uma vez que, mesmo a atividade mineradora ser espacialmente concentrada em algumas partes do território suas influências vão além de seus limites (Enríquez, 2007, p. 157). Dessa forma, a fim de compreender as influências da mineração sobre o território, faz-se necessário a espacialização da evolução das ocupações naturais e dos usos antrópicos, incluso a mineração.

3.6.1 A evolução espacial dos usos e ocupações dos elementos naturais nos municípios da Região do QF

A distribuição espacial do GDUT no primeiro período de 1985 a 1991 mostrou que o grau de uso da terra negativo dos elementos naturais se concentra na porção sudoeste da região (Figura 7). Esse se estendia para os municípios mais ao norte, compreendendo parte da RMBH. Todavia, deve destacar na porção sul da região o município de Conselheiro Lafaiete e no leste João Monlevade. É necessário explicar que somente neste período são percebidos municípios na classe entre -2,169 a -4,038, no caso oito. Já sobre os graus positivos esses estão concentrados na porção central e sudeste da região. Os municípios dessa porção são Ouro Preto, Mariana, Alvinópolis, Raposos, Itabirito, Rio Acima, Santa Bárbara, Catas Altas, Ouro Branco e Rio Piracicaba. É prudente também ponderar sobre o número de municípios por classe. A classe com maior número

de municípios, 25, no período de 1985 a 1991, é a de GDUT -0,001 a -1,110. Isso demonstra que no período houve uma maior perda de elementos naturais entre os municípios da região.

Figura 7 – Coleção de mapas da distribuição espacial do GDUT dos elementos naturais nos municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomias, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

No período entre 1991 a 2000 o panorama espacial mudou (ver figura 7). Os municípios com grau negativo agora estão localizados em todas as porções da região, onde São Gonçalo do Rio Abaixo se destaca. E em relação ao grau positivo, esse obteve um aumento no número de municípios passando de 10, entre 1985 a 1991, para 14 de 1991 a 2000. Esses se concentram na porção oeste, sudoeste e em parte da RMBH. A classe com maior número de municípios, no período de 1991 – 2000, é novamente a de -0,001 a -1,110, concentrando 20 municípios. Todavia, o que chama a atenção é que nas classes 0,017 a 0,001 e -2,169 a -4,038 não foram evidenciados municípios.

Entre 2000 a 2010 a concentração de municípios com grau negativo dos elementos naturais estava na RMBH e na porção leste da região (ver Figura 7). O grau positivo, do mesmo modo como ocorreu com o grau negativo no período anterior, os municípios estão em todas as porções da região, com destaque para o leste, com Alvinópolis e Rio Piracicaba no sudoeste. Porém, os municípios com grau negativo, assim como ocorreu em todos os períodos, são a maioria.

Entre os anos de 2010 a 2020 a tendência de aumento do grau positivo dos municípios não se confirma, diminuindo de 20 entre 2000 a 2010, para 13 (ver figura 7). As concentrações de graus negativos, nesse período, estão na porção sul, central, RMBH e no oeste, com destaque para Betim e Sarzedo. E os graus positivos estão na porção leste e no extremo oeste.

Entre os anos de 2010 e 2020 a tendência de aumento do grau positivo dos municípios não se confirma, diminuindo de 20 entre 2000 a 2010, para 13 entre 2010 a 2020. As concentrações de graus negativos, nesse período, estão na porção sul, central, RMBH e no oeste, com destaque para Betim e Sarzedo. E os graus positivos estão na porção leste e no extremo oeste.

Em síntese no período de 1985 a 2020 confirmou a tendência de diminuição das ocupações naturais na região do QF. Toda a porção norte e da RMBH estão com grau negativo, exceto Raposos e Rio Acima e ainda no oeste, exceto Itatiaiuçu e Rio Manso. Os graus positivos estão no sul e no leste da região. E ainda 26 dos 35 obtiveram grau negativo e somente nove com grau positivo. Porém, além dos elementos naturais é necessário verificar a outra face do meio ambiente, os elementos antrópicos.

3.6.2 A evolução espacial dos usos e ocupações dos elementos antrópicos nos municípios da Região do QF

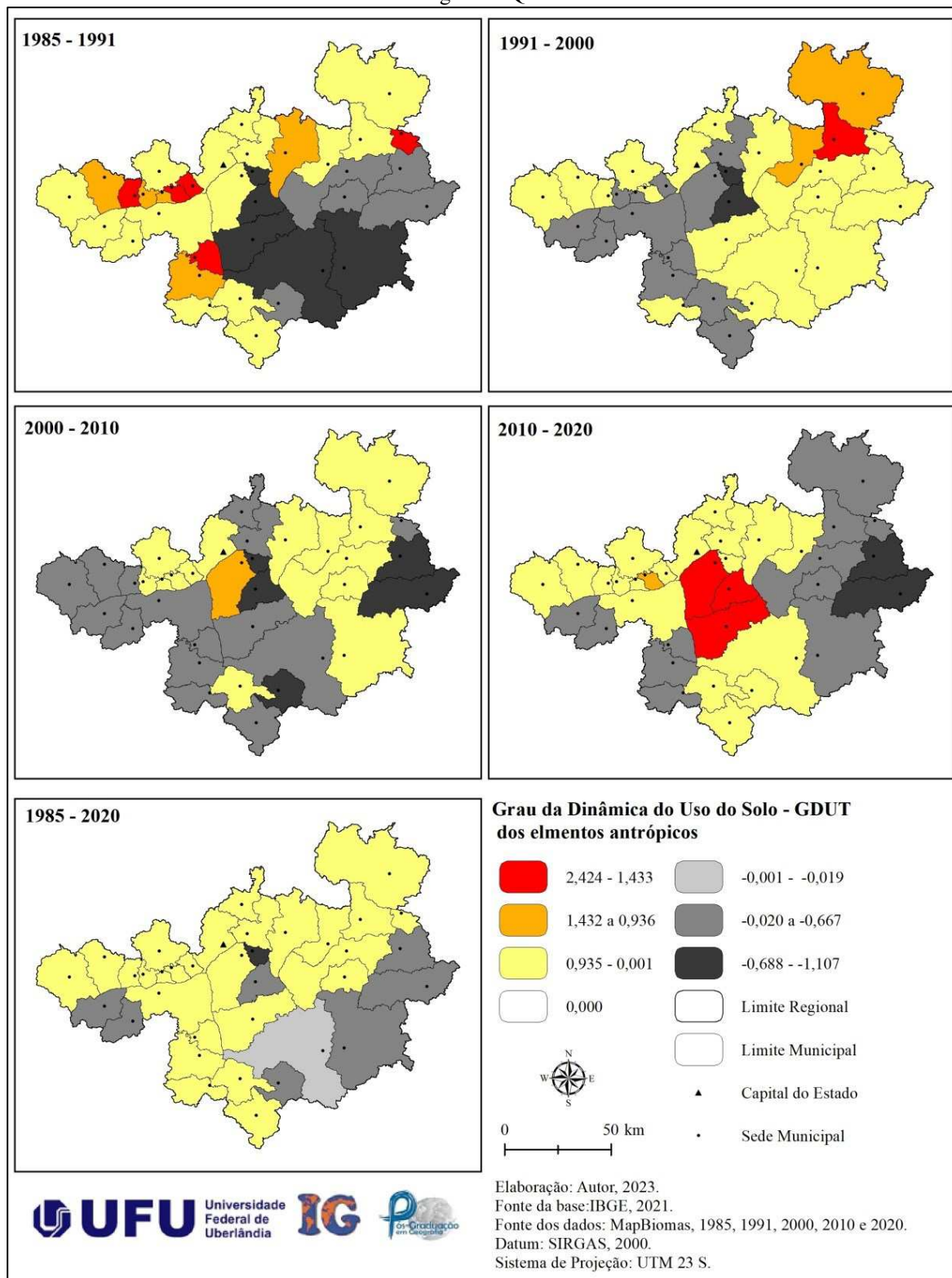
A partir da premissa de que o meio ambiente é a junção entre os elementos da natureza e da sociedade é necessário analisar também a distribuição espacial do GDUT dos elementos antrópicos. Desse modo, ao verificar a distribuição espacial dos elementos antrópicos nos municípios da região do QF é possível perceber que, com o passar do tempo, o grau positivo de uso da terra foi o que se destacou (Figura 8).

No período de 1985 a 1991 o grau positivo se concentrou na porção oeste, RMBH e sudoeste da região. Dentre os de GDUT positivos o destaque são municípios da RMBH como Igarapé, Ibirité e Sarzedo. Já os de grau negativo estão concentrados na porção sudeste, em especial Alvinópolis e Rio Piracicaba. A distribuição por classe evidenciou que a maior parte dos municípios está no grau positivo entre 0,935 e 0,001, com 15 membros. Neste ponto é necessário elucidar que a partir do método de divisão de classe escolhido e posteriormente modificado, para os elementos antrópicos, duas classes não apresentaram municípios, a centrada em 0,000 e a segunda entre -0,001 a -0,019.

Entre 1991 a 2000 ocorreu uma inversão parcial entre os municípios com grau positivo e negativo dos elementos antrópicos. Os municípios com grau positivo estão concentrados na porção leste da região, em parte da porção norte, em parte da RMBH e no leste. Já os municípios com grau negativo na porção centro-oeste e oeste. Na distribuição por classes a centrada entre 0,935 e 0,001, concentrou 18 municípios, mas cabe destacar também a classe de -0,020 a -0,667, com 12. Entretanto, os graus positivos ainda são maioria em relação aos negativos.

Já no período de 2000 a 2010 verificou-se um aumento dos municípios com grau negativo, como já constatado anteriormente. Os municípios com grau negativo se concentram na porção central, sul e oeste da região. Os positivos estão no meio leste, em parte da RMBH e somente Congonhas na porção sul da região. Como já evidenciado nos resultados apresentados na seção anterior esse período se difere dos demais. A classe neste período com maior número de municípios foi à centrada entre -0,020 a -0,667, com 15 membros, mas seguida de perto pela classe 0,935 a 0,001, com 14 e ainda, os municípios com grau negativo foram 20, contra 15 positivos.

Figura 8 – Coleção de mapas Mapa da distribuição espacial do GDUT dos elementos antrópicos nos municípios da região do QF.



Fonte: MapBiomas, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

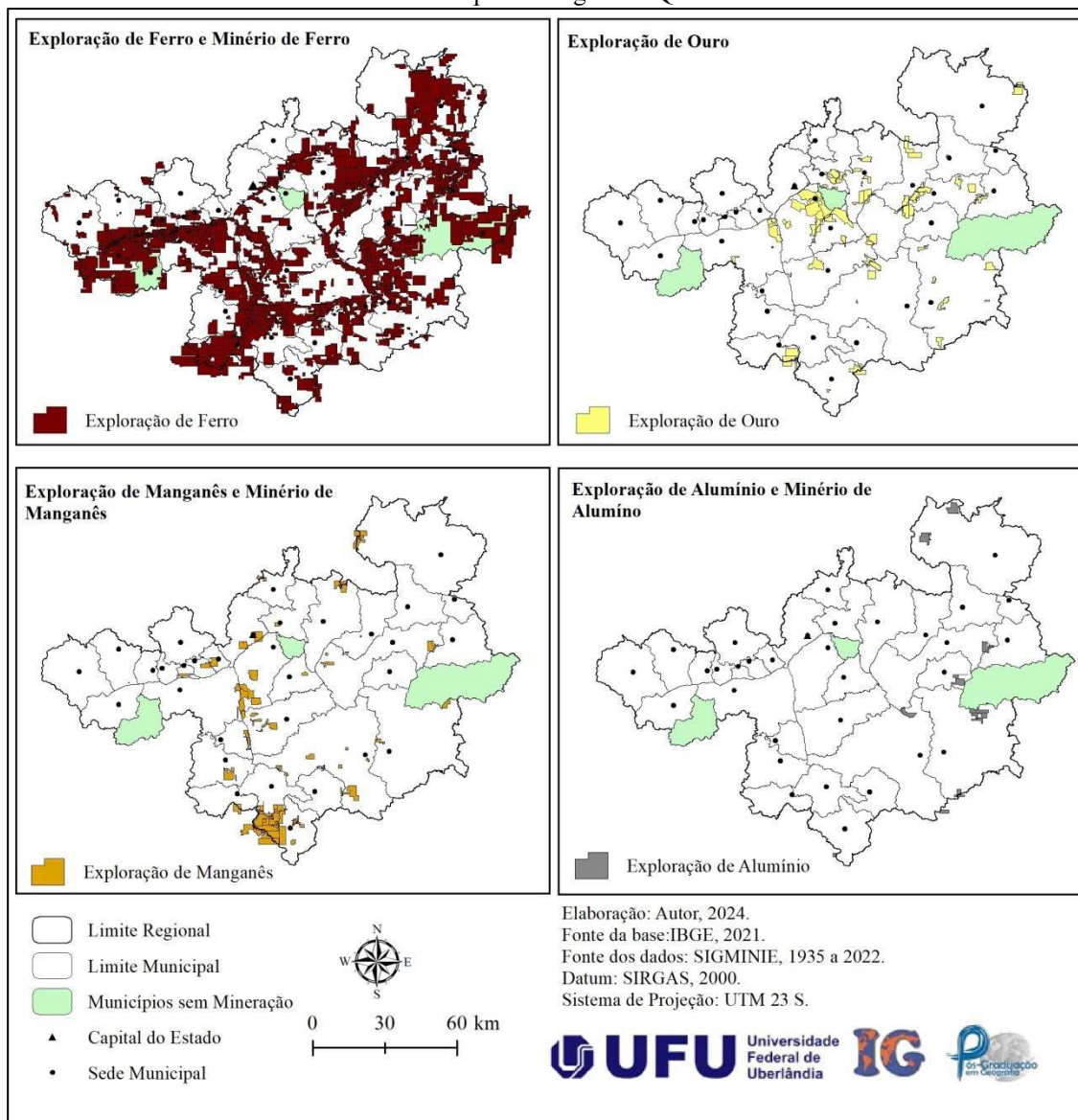
Em 2010 a 2020, novamente os municípios com GDUT positivo ultrapassam os negativos. A concentração espacial dos municípios com grau positivo está na porção norte, sul, central e parte do oeste, tendo como destaque a concentração central em Nova Lima, Itabirito e Rio Acima. Os graus negativos estão na porção leste e em parte do oeste, onde destacam novamente Alvinópolis e Rio Piracicaba. Neste período é retomado o padrão visto desde 1985 a 1991, onde a classe com maior número de municípios foi a 0,935 a 0,001, com 18, sendo que os municípios com grau negativo foram somente 13 e positivo 22.

Em relação a todo o período de 1985 a 2020 a distribuição espacial mostra que grande parte dos municípios tem grau positivo relacionado aos elementos antrópicos da região do QF. As regiões de GDUT positivo se localizam em sua maioria na porção norte e oeste, em específico no RMBH, mas também se deve destacar municípios no nordeste e sudoeste. Os graus negativos se concentram, em sua maioria, no sudeste em Raposos e Rio Acima na porção central e em Itatiaiuçu e Rio Manso no oeste. O que foi visto anteriormente se repete quando se analisa o período todo de 1985 a 2020, onde os 26 municípios estão na classe 0,935 a 0,001 e a classe de -0,020 a -0,667 concentra os municípios com grau negativo, com sete.

Em continuidade, a distribuição espacial da exploração dos minerais: Ferro, Ouro, Manganês e Alumínio mostra a importância que a mineração tem na região (Figura 09). Porém, é necessário evidenciar, de forma resumida, as fases para mineração, segundo o SIGMINIE da Agência Nacional de Mineração – ANM (ANM, 2022). Primeiramente a área fica apta para ser disponibilizada, em seguida essa fica disponível. Posteriormente o interessado realiza o requerimento de pesquisa mineral e em seguida a ANM emite uma autorização de pesquisa. Assim, caso seja viável a exploração mineral é necessário solicitar o direito de lavra e em seguida o requerimento de lavra. Por fim, depois de um processo de licenciamento mineral é concedida a lavra para minerar.

A explicação desse processo é devido à existência de três municípios que compõem a região de estudo que, por meio dos dados do MapBiomass não foram evidenciadas áreas de mineração, são eles Alvinópolis, Raposos e Rio Manso. Contudo, ao analisar a coleção de mapas da figura 9 é percebido que esses municípios possuem locais de exploração mineral dentro de seus limites. Entretanto, a fase que a mineração está, é anterior à concessão de lavra, ou seja, a mineração ainda não foi efetivada naqueles municípios.

Figura 9 – Coleção de mapas da distribuição espacial da exploração de Ferro, Ouro, Manganês e Alumínio nos municípios da região do QF.



Fonte: SIGMINE, ANM, 1935 a 2022.

Ao verificar a distribuição espacial das áreas passíveis e de exploração efetiva de ferro e de seu minério, é percebido que essas se encontram em todas as porções da região do QF (ver figura 9). E ainda é observado que a mineração vai de encontro às linhas das serras encontradas na região, com uma concentração na porção oeste, sudoeste e no nordeste. As áreas aptas para exploração de ouro se concentram principalmente na porção central da região, em especial nos municípios de Nova Lima, Raposos e Rio Acima, já as demais explorações estão dispersas. As áreas aptas para a exploração do manganês estão localizadas principalmente na porção sul da

região, em específico entre Conselheiro Lafaiete e Congonhas. Já as áreas aptas para a exploração de alumínio, que obteve um aumento significativo de sua exploração no período analisado, se concentram na porção leste da região, em especial entre os municípios de Alvinópolis e Mariana.

Portanto, ao analisar a dimensão espacial dos elementos naturais, antrópicos e a mineração, nos municípios da região do QF, fica evidente que a mineração tem um papel de influenciadora na dinâmica do uso do solo. A influência da atividade minerária é percebida de forma indireta, em específico na diminuição das ocupações naturais e aumento dos usos antrópicos. Desse modo, é preciso analisar a dimensão ambiental em conjunto com a espacial, a fim de verificar e classificar a sustentabilidade dos municípios da região do QF.

3.7 Análise dos resultados da evolução dos usos e ocupações e as Dimensões Ambiental e Espacial do Desenvolvimento Sustentável nos municípios da região do QF

Na construção do cenário descrito na apresentação dos resultados, de diminuição das áreas naturais e aumento das antrópicas, principalmente as atividades minerárias, é notório a influência indireta da mineração nos municípios da região. Essa influência é devido ao fomento de outros elementos antrópicos do uso e ocupação do solo. Isso permite, quando analisados os resultados pelos vieses ambiental e espacial, traçar um paralelo entre a evolução da mineração e as mudanças no uso e ocupação do solo na região do QF, tanto os da natureza, como as da sociedade. E ainda pensar, dentro da perspectiva do DS, como essas mudanças afetam o presente e o futuro da região.

3.7.1 A mineração e a perda de elementos naturais nos municípios da região do QF

O padrão de consumo atual da sociedade exerce cada dia mais, uma pressão sobre a descoberta e exploração de recursos naturais, em especial, os minerais, uma vez que, a sociedade não pode viver sem a construção de moradias e a produção de alimentos, isto é, o seu sustento básico (Drew, 1986, p. V). Porém, dentro do objetivo do DS, a exploração de recursos minerais deve ser com parcimônia, para que as gerações futuras também desfrutem do padrão de vida que temos hoje. Todavia, quando se verifica que, como é visto nos resultados da exploração mineral da região do QF, esse objetivo não está sendo cumprido.

Dentro dos elementos naturais, em específico a formação florestal, nos municípios da região do QF existe uma perda que engendra um desequilíbrio ambiental. Ao calcular o GDUT específico das formações florestais entre 1985 e 2020 ficou evidente a perda de florestas em 28 dos 35 municípios, ou seja, seus graus se mostraram negativos. E ainda dos sete com grau positivo, três são aqueles, já citados anteriormente, que não possuem mineração em algum momento dentro do período temporal de análise em seu território, a saber: Alvinópolis, Raposos e Rio Manso.

Os municípios com maiores perdas de formações florestais, de acordo com o GDUT florestal, foram Betim (-0,79), Ibirité (-1,06), Mário Campos (-0,86) e Sarzedo (-1,29). Ao traçar um paralelo com a evolução da mineração, os três primeiros têm grau positivo da atividade minerária acima de 2,00 e somente Sarzedo com um grau abaixo de 2,00, mas também acima de 1,50. Isso demonstra a influência indireta da mineração nos municípios da QF.

É necessário destacar que a situação contrária também ocorre, ou seja, a influência da mineração no aumento dos elementos naturais. O exemplo é o município de Raposos na região da RMBH do QF, o qual segundo os dados do MapBiomias não foram identificadas áreas de mineração no município, mas o município tem um histórico de mineração em seu território desde 1824 até 1998. A economia do município era voltada para mineração em todo esse período, mas em 1998 a atividade mineradora foi encerrada no município (Lima, *et al*, 2020). Esse encerramento, do ponto de vista ambiental e espacial, levou a um grau positivo das formações florestais (0,53) e das formações naturais não florestais (0,13). Esse fato vai de encontro ao objetivo do DS, pois a mineração, vista pela perspectiva atual e da sustentabilidade, deve manter certos níveis de proteção ecológica e de padrões ambientais (Enríquez, 2007, p. 27).

Além de Raposos, outros três municípios se destacam quanto às formações naturais, são eles Alvinópolis, Rio Manso e Rio Piracicaba. Dentre esses três municípios, somente são evidenciados usos de mineração em Rio Piracicaba, onde Alvinópolis e Rio Manso não possuem áreas de efetiva mineração em seus limites.

Não obstante, esses municípios são uma exceção, pois na maioria dos municípios o que é perceptível é a diminuição dos elementos naturais e aumento dos antrópicos. Essas perdas, de elementos naturais, em sua maioria, ocorreram em municípios que, além de serem mineradores, também pertencem a RMBH. Nessa perspectiva, esses municípios recebem uma dupla pressão sobre as formações florestais, não florestais e a água. De um lado a mineração e de outro os

outros usos antrópicos, em especial, a urbanização que cada dia mais requer espaços naturais para transformações e assim, tentar garantir a reprodução da sociedade. Isso vai de encontro à afirmativa de que o homem, conseqüentemente a sociedade, vem se afastando do meio físico e biológico (Drew, 1986, p. 4).

Entre os municípios que pertencem a RMBH o município que mais chama a atenção é Sarzedo. Localizado ao sul de Belo Horizonte, esse é um município relativamente pequeno com 6.213,40 hectares de área, mas que aparece em três dos quatro períodos estudados com grau de uso do solo natural negativos, ou seja, em três momentos históricos houve a perda de porções naturais. Sobre a mineração seu grau de uso e ocupação mostrou um aumento dessas áreas, especialmente entre 1985 e 1991 (4,34) e 2010 a 2020 (3,72) e o grau de todo o período 1985 a 2020 o resultado foi 1,97.

Além dos municípios que compõem a RMBH, devem-se destacar também municípios importantes para a mineração, por exemplo, Congonhas, Itabira, Mariana, Nova Lima e Ouro Preto. Esses têm graus positivos de mineração em todos os períodos analisados. Além disso, são esses que detêm as maiores áreas de mineração em todos os períodos estudados. Nessa esteira, além dos citados acima, também os municípios de Brumadinho, Itatiaiuçu e Itabirito, tem áreas significativas de mineração, nos períodos analisados.

Em relação aos municípios com maiores áreas de mineração, citados anteriormente, todos, exceto Mariana, têm grau negativo de formações florestais entre 1985 e 2020 e todos têm grau negativo para as formações de água. Porém, Congonhas, Itabira, Mariana e Ouro Preto obtiveram grau positivo para as formações não florestais, enquanto Nova Lima obteve grau negativo. Isto é, mais uma evidência da influência indireta na dinâmica das ocupações naturais na região do QF.

Igualmente, pode-se salientar que aumentou de forma significativa a participação da mineração, principalmente a partir de 2010, nos municípios de Barão de Cocais e São Gonçalo do Rio Abaixo. Em 2000 as áreas de mineração desses municípios eram de 134,82 e 132,79 hectares respectivamente, passando para 383,60 e 531,77 hectares em 2010 e 498,93 e 712,98 hectares, em 2020 e no mesmo período esses municípios perderam áreas florestais. Em Barão de Cocais no ano de 2010 as áreas florestais somavam 19.386,17 hectares, já em 2020 diminuíram para 18.606,56 hectares, uma perda de 779,61 hectares, ou seja, 77,96 hectares por ano, em média por ano. Em São Gonçalo do Rio Abaixo a situação é semelhante, em 2010 as formações florestais

somavam 17.144,06 hectares e em 2020 diminuiu para 17.537,30 hectares, a perda de 393,24 hectares, gerando uma perda de 39,32 hectares em média por ano.

Outra questão importante é sobre a água, pois, de um lado ela é um recurso significativo e de outro um empecilho para a mineração. Em alguns casos a água é fundamental para o processo de extração mineral e em outros é um atraso devido à necessidade de, por exemplo, o rebaixamento do lençol freático. Desse modo, a água é tratada pela mineração nos municípios como uma “água virtual”, uma vez que, como afirmado no capítulo anterior, esse recurso é uma *commodity*, e seu valor não é contabilizado no processo produtivo (Vitte, 2020, p. 172).

A afirmativa anterior é corroborada pelo fato de que ao analisar as formações de água nos municípios do QF, somente três municípios têm grau positivo entre 1985 e 2020, são eles Brumadinho, Itatiaiuçu e Rio Manso, no qual no território deste último existe um barramento de água que serve para o abastecimento de água de parte da RMBH. Já o restante tem graus negativos, ou seja, estão perdendo áreas ocupadas de água, tendo como destaques Alvinópolis (-18,81), Ibirité (-55,94), João Monlevade (-30,91) e Raposos (-32,28).

Do mesmo modo, ao sobrepor o mapa de elevação (ver figura 2), com destaque para as serras da região, e as áreas de mineração de ferro e de seu minério (ver figura 9) é perceptível que são nessas formações geológicas – geomorfológicas que ocorre esse tipo de extração mineral. Esse fato impacta negativamente áreas de recarga hídrica e conseqüentemente as nascentes e cursos d’água da região. Isso pode levar a um desabastecimento hídrico de mananciais que são responsáveis pelo provimento de água para a RMBH, por exemplo.

Portanto, a diminuição de ocupações naturais em todos os municípios da região do QF é um fato que não pode ser negligenciado. E essa perda é engendrada de forma indireta pela mineração que fomenta o avanço dos usos antrópicos sobre as ocupações naturais. Portanto, é preciso também verificar quais são os principais tipos de usos antrópicos que incidem sobre os municípios da região do QF.

3.7.2 A mineração e o ganho de elementos antrópicos nos municípios da região do QF

A sociedade em suas demandas por bens materiais gera impactos intensos sobre a natureza. Nesse sentido, a mineração é uma atividade que a sociedade depende de inúmeras formas, desde a produção de matérias essenciais para vida humana, até produtos supérfluos e

fúteis. A partir disso, a influência indireta da atividade minerária é tolerada devido a sua importância principalmente no setor econômico.

Ao desenvolver a economia municipal a mineração também fomenta mudanças no uso do solo. Essas mudanças são percebidas tanto pelo viés dos elementos naturais, como dos antrópicos. A extração mineral como o motor econômico de vários municípios pode, ao mesmo tempo, fomentar ou reprimir outras atividades econômicas.

No caso de alguns municípios da região do QF, ao analisar o grau de uso do solo para o setor de agropecuária, entre 1985 e 2020, foi notado que essa atividade econômica vem perdendo espaço. Entre os 35 municípios da região, 21 (60%) têm GDUT da agropecuária negativo, tendo como destaques, a capital Belo Horizonte (-4,14), Raposos (-1,86) e Rio Acima (-0,89). Sobre os municípios onde ocorreu um avanço da agropecuária, pode-se destacar Barão de Cocais e Caeté, municípios esses próximos um do outro em aproximadamente 35 quilômetros.

Essa dinâmica de perda de espaços relacionados a agropecuária, devido à influência indireta da mineração, vai de encontro ao conceito da denominada *Doença Holandesa*. O pensamento de que a economia se volta totalmente para a exploração de recursos minerais, deixando de lado outras atividades, é o conceito básico dessa doença econômica engendrada pela atividade minerária (Vitte, 2020, p. 172 e Bresser-Pereira e Marconi, 2010, p. 214). Porém, dentre os elementos antrópicos nos municípios da região do QF, além da mineração, o que mais chama a atenção é a evolução das áreas urbanas.

Dentre os elementos antrópicos analisados nesta pesquisa, dois se destacam no GDUT, com progressos importantes entre os anos de 1985 e 2020: a mineração e as áreas urbanas. Essas duas ocupações do solo possuem graus positivos entre 1985 e 2020, em todos os municípios da região. Com isso, pode-se estabelecer uma ligação entre a mineração e a urbanização, pois a extração mineral incentiva uma melhora econômica, que por sua vez atrai população via migração, necessitando assim de um aumento nas áreas destinadas para a urbanização dos municípios mineradores.

Ao impulsionar a urbanização, a mineração influi indiretamente na perda de ocupações que antes eram naturais e que agora passaram a ser antrópicas. Uma das principais características das áreas urbanas é a alta intensidade de mudanças no espaço geográfico. E ainda os espaços urbanos criam uma gama de ambientes que são colonizados, principalmente pelo homem (Drew, 1986, p. 189).

O grau de uso do solo entre 1985 e 2020 para áreas urbanas se mostrou positivo em todos os municípios da região. Os maiores graus foram percebidos em Jeceaba (2,25), Mariana (1,94), São Gonçalo do Rio Abaixo (1,91) e Sarzedo (1,93). Esse processo de urbanização aliado ao avanço da mineração pode causar um desequilíbrio ambiental, uma vez que, as pressões dos usos antrópicos do solo no ambiente levam a eliminação do equilíbrio dinâmico e causa mudanças drásticas no ambiente (Drew, 1986, p. 27).

O resultado desse efeito cumulativo entre a atividade minerária e a urbanização é percebido de forma clara na RMBH. Esses municípios, como já explanado, recebem um duplo impacto, de um lado a mineração e de outro a urbanização. Municípios como Barão de Cocais, Nova Lima, Santa Luiza e novamente Sarzedo são exemplos que, ao mesmo tempo, tiveram aumento do grau positivo de mineração e áreas urbanas entre 1985 e 2020.

Além disso, existem as ocupações de outras áreas não vegetadas, por exemplo, áreas com solo exposto. Nos municípios do QF dos 35 municípios, entre 1985 e 2020, 16 detém graus de uso do solo negativos e 19 positivos. Os municípios que mais se destacam no grau negativo são João Monlevade (-15,52) e Itabira (-7,17).

A atração de pessoas e atividades econômicas, devido à influência indireta e a importância da mineração para a sociedade, têm seus reflexos no uso e ocupação do solo nos municípios da região do QF. Este fato pode fomentar e ao mesmo tempo reprimir outras atividades econômicas. Todavia, no QF, dentre as ocupações antrópicas, as áreas urbanas e a mineração são as que mais evoluíram dentro do período analisado. Isso pode levar, em breve, a uma separação completa entre a econosfera (mundo econômico) e a ecosfera (mundo natural) (Drew, 1986, p. 193). Logo, ao traçar esses resultados e os da seção anterior com o DS, pode-se realizar uma classificação dos municípios quanto ao nível de sustentabilidade, tendo como norte as dimensões ambiental e espacial.

3.7.3 Classificação dos municípios quanto a sua sustentabilidade pelas dimensões ambiental e espacial

A relação entre a mineração e as dimensões ambiental e espacial nos municípios da região do QF se mostrou conflituosa. A influência indireta dessa atividade econômica no uso e ocupação do solo, em grande parte dos municípios, indicou que as ocupações naturais estão gradativamente

perdendo espaço para usos da terra de cunho antrópico. A perda de elementos naturais do ambiente, com o passar do tempo, leva a um desequilíbrio entre o ambiente natural e o construído e assim o objetivo do DS não será cumprido.

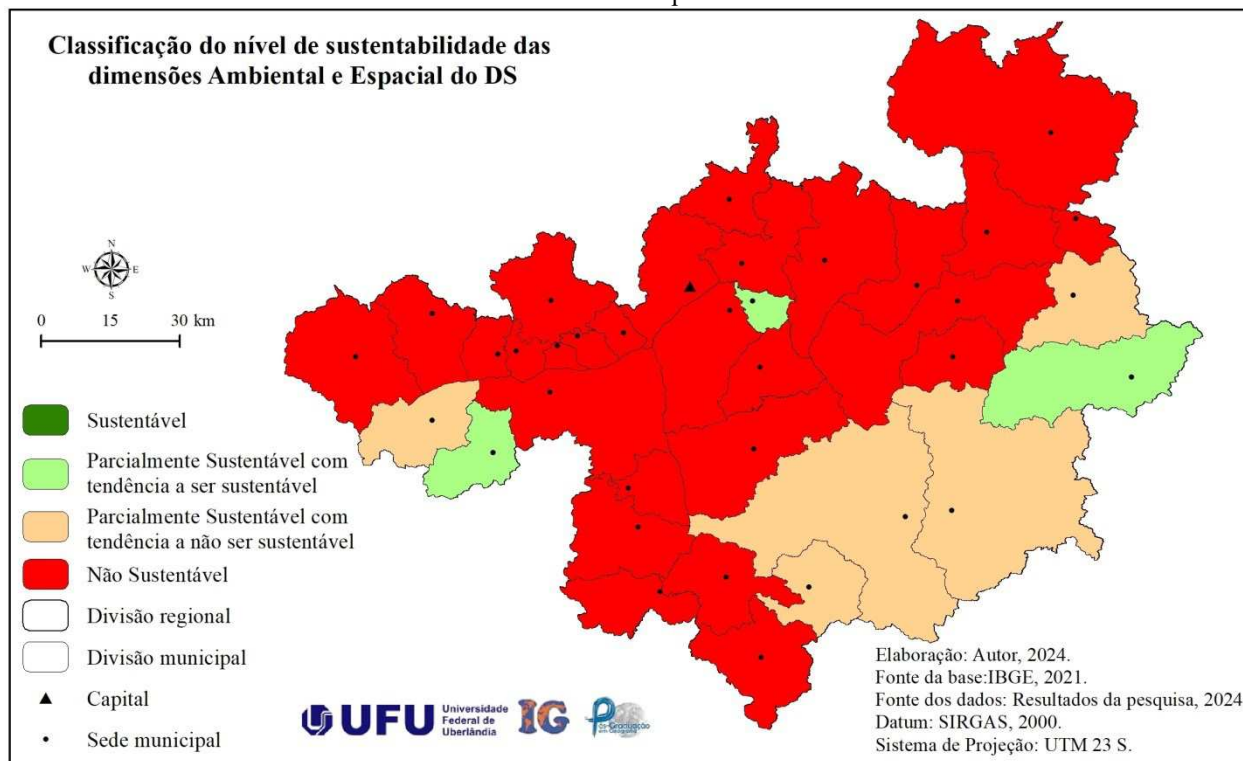
A partir dos critérios estabelecidos na parte metodológica deste capítulo e dos resultados apresentados e analisados até aqui, é possível inferir que a maior parte dos municípios da região se apresentou Não Sustentável, nas dimensões ambiental e espacial, entre os anos de 1985 e 2020. Primeiramente, nenhum dos municípios da região alcançou o status de Sustentável, três (8,57%) foram considerados Parcialmente Sustentáveis com uma tendência a serem sustentáveis, cinco (14,28%) Parcialmente Sustentáveis com tendência de não serem sustentáveis e dos 35 municípios, 27 (77,14%) foram considerados Não Sustentáveis.

A distribuição espacial do nível de sustentabilidade nos municípios do QF corrobora o que foi ponderado anteriormente (Figura 10). Os municípios considerados Não Sustentáveis estão concentrados nas porções da RMBH, no oeste, sudoeste e no nordeste. Na porção leste e sudeste se localizam os municípios Parcialmente Sustentáveis com tendência a se tornarem não sustentáveis, devido à influência da mineração em seus territórios. E ainda Alvinópolis no leste, Raposos na porção central e Rio Manso no oeste, como os únicos sendo Parcialmente Sustentáveis, mas com tendência a se tornarem sustentáveis.

Os únicos municípios considerados Parcialmente Sustentáveis com uma tendência de serem sustentáveis são aqueles onde não foram identificadas áreas de mineração em seus limites, ou seja, Alvinópolis, Raposos e Rio Manso. Contudo, o avanço da urbanização nesses municípios se mostrou positiva, isso foi determinante para a classificação deles como parcialmente sustentáveis em vez de sustentáveis. Todavia, caso a mineração avance sobre esses municípios a condição de tendência de sustentabilidade pode mudar.

É necessário expor que dos cinco municípios que foram considerados Parcialmente Sustentáveis com tendência a não serem Sustentáveis, Ouro Preto e Mariana tem na mineração seu grande propulsor econômico. Contudo, esses têm avançado, dentro do período de tempo analisado, no aumento dos elementos naturais em seus limites, como evidenciado nos resultados dos seus GDUT's. Somente devido a isso eles não foram considerados não sustentáveis. Os demais municípios, Itatiaiuçu, Ouro Branco e Rio Piracicaba tem ganhado ocupações naturais em detrimento aos antrópicos, em especial entre os períodos de 1991 a 2020.

Figura 10 – Mapa da Classificação do nível de sustentabilidade dos municípios da região do QF das dimensões ambiental e espacial.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Dos municípios considerados Não Sustentáveis todos obtiveram GDUT da mineração positivo em todo o período de estudo, GDUT dos elementos naturais negativos e GDUT dos elementos antrópicos positivos. A partir disso, é necessário ponderar o caso da capital Belo Horizonte, que apesar de obter grau da mineração negativo, esse tem os elementos naturais negativos e antrópicos positivo. Além disso, ao verificar a real situação da capital, em específico no seu limite com o município de Nova Lima, é revelado que nesta área existe uma intensa urbanização, a qual avança sobre a Serra do Curral, além da exploração mineral na serra. Com isso, a capital foi reclassificada como Não Sustentável.

Ao considerar que a natureza é o primeiro organizador do ambiente e que a sociedade é somente um produto dessa organização, essa relação é de um organizador (natureza) com seu organizado (sociedade). Entretanto, essa relação entre a sociedade e a natureza, quando se adiciona a atividade minerária, ela se transforma na tentativa do organizado de se apropriar dos elementos do organizador. Isso faz com que a inter-relação entre os sistemas naturais e antrópicos seja conflituosa (Bogdanov, 1984, p. 1, tradução nossa).

É isso que está ocorrendo nos municípios da região do QF, uma vez que, a influência direta e indireta da mineração tenta se tornar o organizador do meio ambiente e do espaço geográfico, renegando a preservação dos elementos naturais. Ao adicionar a questão do DS na discussão, pode-se considerar que as gerações futuras da população da maior parte destes municípios não terão o mesmo padrão de vida que as contemporâneas. Portanto, ao levar em consideração as dimensões ambiental e espacial do DS, a maior parte dos municípios da região se encontra com sua sustentabilidade comprometida devido à dependência da mineração.

3.8 Considerações Finais do capítulo

A relação entre a mineração e o DS nos municípios da região do QF é conflituosa devido à influência direta e indireta no uso e ocupação do solo. Essa influência é percebida principalmente na relação entre a natureza e a sociedade, na qual existe uma substituição dos elementos naturais pelos antrópicos. E com o passar do tempo essa mudança vai se acentuando, principalmente no aumento das áreas de mineração e urbanizadas.

A partir disso, a análise do GDUT dos elementos naturais, antrópicos e da mineração se mostrou um cálculo satisfatório na análise das influências indiretas da mineração sobre o uso e ocupação do solo, contudo houve a necessidade de uma reclassificação quanto ao nível de sustentabilidade de Belo Horizonte. Dentro dos elementos naturais o que mais chamou a atenção foi a perda, principalmente de formações florestais, entre 1985 e 2020, em uma parcela significativa dos municípios. E ainda, a questão das formações de água, que assim como nas formações florestais, na maior parcela dos municípios ocorreu uma perda de áreas desse elemento natural.

Já a análise do GDUT dos elementos antrópicos demonstrou que os elementos da mineração e das áreas urbanas obtiveram uma progressão significativa em todos os municípios da região. O aumento das áreas urbanas leva a perda de áreas antes vegetadas, tanto de porte arbóreo como arbustivas e herbáceas. A ação conjunta entre a mineração e a urbanização comprometeu a dimensão ambiental do DS na região.

A presença da mineração em quase todos os municípios da região também compromete a dimensão espacial do DS. Esse fato é percebido, principalmente, quando se analisa a distribuição espacial das áreas destinadas para a mineração de ferro e minério na região. Esse tipo de

mineração se encontra em todas as porções da região, o que aumenta a influência da exploração mineral nos municípios onde ela se encontra.

A classificação dos municípios quanto ao nível de sustentabilidade corrobora a tese de que a mineração é uma maldição para a região, levando em consideração as dimensões ambiental e espacial do DS. Essa situação é refletida nas mudanças dos usos e ocupação do solo dos municípios, e devido a isso, grande parte desses foi considerada Não Sustentável. Portanto, a mineração na maior parcela dos municípios da região do QF, levando em consideração as dimensões ambiental e espacial do DS, pode ser considerada uma maldição para essas unidades espaciais.

Não obstante, é necessário, além de analisar o uso e ocupação do solo e as dimensões ambiental e espacial do DS, também analisar e caracterizar as demais dimensões do DS. Essas dimensões são a econômica, social e populacional, as quais guardam uma relação relevante com a atividade minerária. Esse é o tema principal do próximo capítulo da presente pesquisa.

4. CAPÍTULO 3: A EVOLUÇÃO DAS DIMENSÕES ECONÔMICA, SOCIAL E POPULACIONAL DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG, ENTRE OS ANOS DE 1980 E 2022

4.1 Introdução do capítulo

As dimensões ambiental e espacial do DS são de suma importância dentro da relação Meio Ambiente, Mineração e DS. Entretanto, é necessário analisar as outras dimensões da sustentabilidade, as quais são de significativa relevância, no caso a dimensão econômica, social e populacional. Especialmente quando essas são importantes para os municípios da região do QF.

Além da dimensão ambiental e espacial do DS, igualmente, as dimensões econômica, social e populacional desempenham um papel importante na relação entre o DS, o Meio Ambiente e a Mineração. Os ganhos econômicos – financeiros advindos da mineração, principalmente para aqueles municípios que dependem da atividade minerária, representam uma parcela relevante do orçamento público. Isso faz com que alguns impactos negativos causados pela mineração sejam “tolerados” quando se compara os ônus e os bônus da extração mineral, isto é, “os prejuízos decorrentes da mineração são suportados em troca de pequenas concessões feitas pelas mineradoras” (Coelho, 2012, p. 140).

Esse fato, dentro dos municípios da região do QF, ocorre em parte, pois existem municípios que dependem parcialmente e os que dependem da atividade minerária. Assim é possível categorizar esses municípios quanto a sua dependência exclusivamente da mineração, o que permite classificá-los quanto ao seu nível de sustentabilidade. Isso levando em consideração as dimensões econômica, social e populacional do DS, e assim verificar se a mineração é uma dádiva / trampolim ou uma maldição / doença para os municípios do QF.

A relação entre a mineração e a situação socioeconômica populacional é estabelecida, por meio de um determinado grau, variável, de dependência dessa atividade econômica. Essa relação é mais evidenciada em Minas Gerais, uma vez que é o maior estado minerador da federação, juntamente com o estado do Pará. Nesse contexto, se destaca a região do Quadrilátero Ferrífero, onde estão localizados municípios importantes para a mineração no país (Alaminol, Verde e Fernandes, 2014).

Dessa maneira, o objetivo principal desta parte da pesquisa é caracterizar e classificar a evolução da situação socioeconômico-populacional nos municípios do QF, entre 1980 e 2022. Para concretizar isso foram definidos três objetivos específicos:

- Discutir a relação entre a mineração e as dimensões econômica, social e populacional do DS;
- Caracterizar e classificar a influência da mineração nas dimensões Econômica, Social e Populacional nos municípios da região do QF, a partir da evolução do Desenvolvimento Socioeconômico, entre os anos de 1980 e 2020;
- Classificar os municípios da região, tendo como base as dimensões econômica, social e populacional do DS, em: Parcialmente Dependentes e Dependentes da Mineração e;
- Classificar os municípios da região, tendo como base as dimensões econômica, social e populacional do DS, em: Sustentável, Não Sustentável, Parcialmente Sustentável com tendência a ser sustentável e Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável.

Com isso, esse capítulo é dividido em três pontos fundamentais, o primeiro é um levantamento bibliográfico sobre a relação entre a mineração e o desenvolvimento socioeconômico populacional, o segundo uma caracterização socioeconômica populacional da região do QF e a terceira os resultados e as análises.

4.2 A Mineração e Desenvolvimento Socioeconômico – Populacional

Dentre as discussões acerca dos benefícios e malefícios da atividade minerária um tema se destaca e é recorrente. Esse é o desenvolvimento, seja ele econômico, social ou populacional de uma região onde a mineração ocorre. Em relação ao desenvolvimento econômico é notório que a mineração desenvolve esse setor da sociedade. Sobre o desenvolvimento social, esse depende dos investimentos que o setor público / político realizará, a partir, por exemplo, de investimentos advindos da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM. No lado populacional fica claro que a instalação de uma lavra em determinado município ou região vai atrair população e conseqüentemente intensificar os agentes modificadores do Ambiente e do Espaço Geográfico.

4.2.1 Desenvolvimento Econômico

O desenvolvimento econômico no mundo é o que todos os países buscam. E a mineração é uma atividade que fomenta a atividade econômica. A mineração tem um papel crucial no desenvolvimento econômico, pois ela fornece contribuições importantes para a economia, mas, inevitavelmente, causa danos ao ambiente regional (Yuan, 2021, p. 162.920, tradução nossa).

Dessa maneira, de acordo com Villa Verde e Fernandes (2015, p. 5) os governantes devem fomentar a exploração de recursos minerais, uma vez que, a mineração é capaz de trazer benefícios para a população de um município, mas que depende de uma governança que se comprometa com a diversificação econômica. Igualmente pode-se argumentar que a exportação mineral é fundamental para se atingir o *superávit* primário na balança comercial, o que, por sua vez, será essencial para o pagamento dos juros, amortizações e refinanciamento da dívida pública. Todavia, essa situação de bonança econômica pode causar uma dependência, fazendo com que uma região inteira sobreviva quase exclusivamente da mineração (Coelho, 2012, p. 48 e 53).

Não obstante, existe uma corrente de pensamento que vê a mineração como uma maldição para as regiões que a abrigam. A atividade de exploração dos recursos minerais, em alguns casos, além de não promover o desenvolvimento econômico, agrava a situação econômica da região (Rodrigues, Moreira e Colares, 2016, p. 176). Devido a isso, a maldição advinda da mineração pode levar a várias consequências, dentre uma delas a chamada **Doença Holandesa**, ou seja, a minério-dependência (Vieira, Corrêa e Amaral, 2021, p. 41, grifo nosso).

Essa intitulada “doença”, nada mais é do que um “processo que infecta um país exportador de matérias-primas, quando seu alto preço ou a descoberta de novas jazidas desencadeia um *boom* nas exportações” (Acosta, 2013, p. 64, tradução nossa). Esse modelo de visão econômica foi identificado no decênio de 1960 na Holanda (Países Baixos), onde a descoberta de uma jazida de gás natural ameaçou destruir toda a indústria manufatureira daquele país (Rodrigues, Moreira e Colares, 2016, p. 179).

Essa doença econômica ocorre somente onde existe uma abundância de recursos minerais. Isso pode levar uma região a se especializar somente na extração desses recursos e deixar de lado outros setores econômicos. O resultado disso é a não industrialização, ou pior a

desindustrialização, o que inibe o desenvolvimento econômico (Bresser-Pereira e Marconi, 2010, p. 214).

Logo, a relação entre a exploração mineral e o desenvolvimento econômico é conflituosa. Onde existem os defensores da mineração que veem ela como um fomento ao desenvolvimento econômico, isto é, uma dádiva, e aqueles que veem esta atividade como uma maldição. Porém, não se pode somente aferir o desenvolvimento de uma região mineradora somente pelo viés econômico, é necessário ponderar sobre a dimensão social.

4.2.2 Desenvolvimento Social

O desenvolvimento social de uma região mineradora depende essencialmente do poder público / político, seja ele na esfera federal, estadual ou municipal. Isso devido aos chamados royalties da mineração, denominados de CFEM. A palavra *Royalty* é de origem inglesa e significa “a remuneração de natureza diversa, paga pela concessão ou uso de direitos de autor ou proprietário de determinado bem” (Silva, *et al*, 2017, p. 2).

A CFEM é distribuída entre União, estados e municípios, a qual é uma compensação pela utilização, de forma econômica, dos recursos minerais nos territórios onde ela ocorre (Macedo, *et al*, 2021, p. 2). A CFEM tem como objetivos principais: o desenvolvimento local; a qualidade de vida da população; a dinamização da produção dos municípios e; prepará-los para o fim da exploração (Macedo, 2021, p. 2).

A fim de verificar se os valores dos royalties da mineração são bem empregados podem-se apontar alguns indicadores de desenvolvimento social, são eles: aumento da renda, aumento dos pagamentos sociais, redução do nível de pobreza, aumento de estabelecimentos de ensino geral e profissional e o número de organizações de saúde (Kukushkin, Kalenov e Kamanina, 2021, p. 03033, tradução nossa). No entanto, a mineração também pode piorar os aspectos sociais de determinada região, devido a vários impactos na vida em sociedade. Por exemplo, desmobilização da mão-de-obra, geração de ruídos, poeiras, movimentação de veículos e pessoas, aumento na pressão sobre equipamentos públicos, conflitos pela terra, aumento do tráfego, fragmentação do território, fechamento de vias e restrição de circulação, interferências em áreas produtivas, aumento da criminalidade, etc (Curi, 2019, p. 62 e 63).

Coelho afirma que a atividade de mineração, em longo prazo, é prejudicial, pois causa uma dependência da população em relação aos benefícios que a compensação da atividade traz (2012, p. 53). E quando a jazida se esgotar toda uma região pode sofrer, caso os investimentos, que são de responsabilidade do setor público, não sejam direcionados para uma diversificação econômica, principalmente na indústria. Portanto, todas essas transformações econômicas e sociais repercutem na população de uma região mineradora.

4.2.3 Desenvolvimento Populacional

A relação entre a mineração e o contingente populacional é percebida desde a descoberta de ouro no Brasil. O aumento da população devido à instalação de uma atividade mineradora, em determinada região, traz consigo pontos positivos e negativos. A mistura desses pontos tem ação direta no Ambiente, na economia e na questão social.

A relação entre a mineração e a população gera impactos negativos. A mineração atrai trabalhadores de outras regiões, aumentando o fluxo migratório. Também pode causar um desequilíbrio de gênero, devido ao predomínio do sexo masculino, afligindo a coesão social. Da mesma forma, pode causar um aumento dos custos de moradia, afetando o bem-estar da população. Contudo, é necessário colocar que o crescimento populacional é frequentemente percebido como uma consequência positiva da atividade mineradora (Mancini e Sala, 2018, p. 104, tradução nossa).

Outro aspecto que se projeta no aumento da população, em uma região mineradora, é o ordenamento territorial. Existe uma determinada competição por terras para o desenvolvimento de projetos minerários, ou seja, uma espécie de expropriação de terras, que eleva o risco do bem-estar populacional. Outro impacto negativo é a limitação de terras para população localizada em áreas rurais da região de mineração, causando, por exemplo, insegurança alimentar. Porém, é evidenciado também que as empresas mineradoras podem contribuir de forma relevante para fornecer e melhorar as infraestruturas locais (Mancini e Sala, 2018, p. 104, tradução nossa).

Além das questões pontuadas anteriormente a mineração, ao atrair população para sua região de atuação, fomenta outros fenômenos que modificam o ambiente e o espaço geográfico. O primeiro deles é o da Industrialização, uma vez que, a atividade minerária demanda outras

atividades, que lhe servem de alicerce. Em seguida ocorre um fenômeno que altera de forma importante o ambiente e o espaço geográfico, a Urbanização.

Por fim, a relação entre o desenvolvimento / crescimento populacional é permeado por ações que atingem o bem-estar das pessoas e que modificam o ambiente e o espaço geográfico. Esses impactos vão desde a perda ou ganho de qualidade de vida até o crescimento populacional fomentado, por exemplo, pela mineração que gera a Industrialização e posteriormente a Urbanização.

4.2.4 As dimensões econômica, social e populacional do DS e a mineração

A partir dessas discussões em torno dos malefícios e benefícios da mineração é necessário inserir a questão das dimensões econômica, social e populacional do DS.

Nesse sentido, é essencial informar que existem dois conceitos sobre o DS, os quais são divergentes. O primeiro visualiza o DS como um meio e não um fim em si mesmo, esse é vinculado à ideia de uma responsabilidade para com as gerações atuais e futuras, em relação à integridade dos sistemas naturais. O segundo explica que o DS deve ser baseado no progresso tecnológico e no uso eficiente das tecnologias (Svampa 2013, p. 129, tradução nossa). Dentre essas duas visões a que mais se alinha, dentro da relação entre ambiente e mineração, é a primeira, pois o conceito de DS é o de atender as necessidades “do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (Resende, 2016, p. 382).

Então, o DS sendo para gerações atuais e futuras, existem certas atividades extrativistas, inclusive a mineração, fundamentalmente a de grande escala, que nunca poderão ser sustentáveis, pois ela é destrutiva em sua essência (Acosta, 2013, p. 63, tradução nossa). Ou seja, a mineração, para ser sustentável deve considerar tanto os limites ambientais, quanto a qualidade de vida (Gudynas, 2013, p. 173, tradução nossa), para gerações atuais e futuras. E a meta do DS deve ser a redução na extração de recursos minerais (Resende, 2016, p. 382).

Não obstante, como o extrativismo mineral atende a demanda dos grandes centros metropolitanos:

(...) algumas regiões se especializam na extração e produção de matérias-primas – commodities primárias, enquanto outras assumiram o papel de produtoras de bens

manufaturados. A primeira explora a Natureza e a segunda a importa (Acosta, 2013, p. 62, tradução nossa).

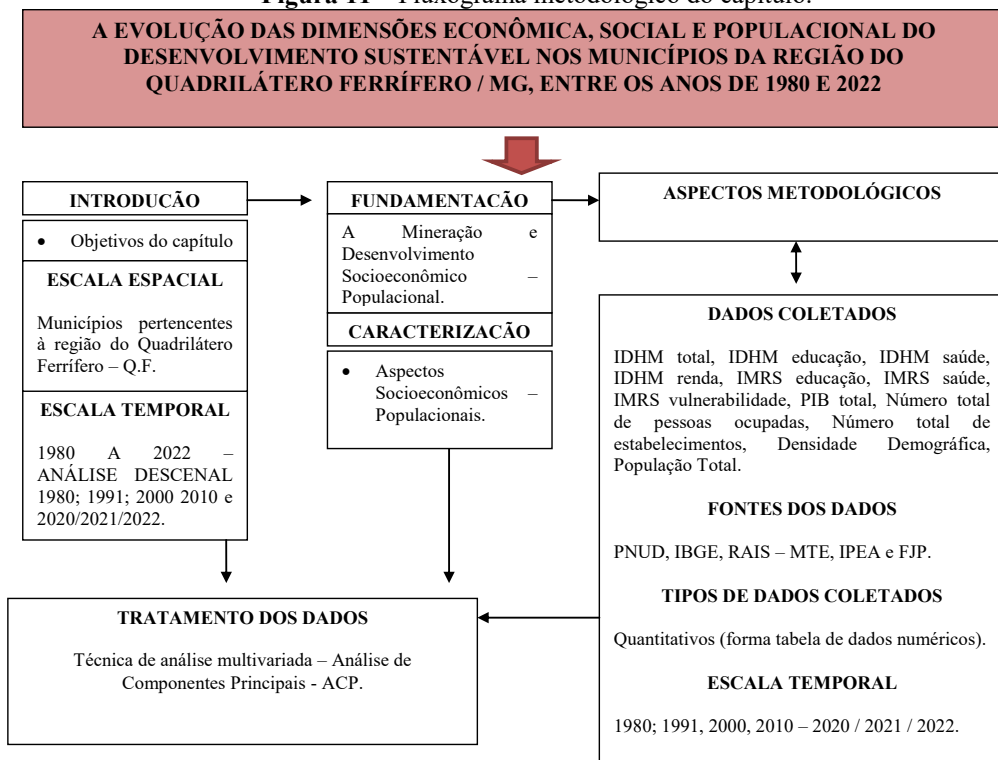
Dessa maneira, dentro da relação entre a sustentabilidade e a mineração, a degradação ambiental é aceitável para alcançar o desenvolvimento (Acosta, 2013, p. 62), ou meramente o crescimento econômico. Essa exploração de produtos do setor primário e de bens naturais, inclusive o extrativismo mineral, é a matriz que levará ao crescimento da produção e conseqüentemente ao desenvolvimento de determinada região. No entanto, a partir dessa visão a sustentabilidade é perdida, uma vez que, a mineração quando é iniciada já está implícito que ela explorará a jazida mineral até o seu final, seja em 10 ou 100 anos (Cunha, 2020, p. 677).

Portanto, a mineração é uma atividade que impacta negativamente, além do ambiente e o espaço geográfico, também o econômico, social e populacional. Isso leva a uma dependência das regiões mineradoras e conseqüentemente a ideia de um DS se perde. Porém, mesmo com todos esses alertas, em certos momentos ela é vista como uma dádiva e um trampolim que gera desenvolvimento socioeconômico nas regiões e municípios onde se instala, em outros como uma maldição e uma doença.

4.3 Aspectos Metodológicos do capítulo

A metodologia deste capítulo, como assim como foi no capítulo anterior, pode ser dividida em duas seções (Figura 11). A primeira diz respeito aos indicadores secundários coletados e suas respectivas fontes. A segunda versa sobre o tratamento realizado com esses dados coletados.

Figura 11 – Fluxograma metodológico do capítulo.



Fonte: Autor, 2024.

4.3.1 Dados coletados e suas fontes

Para caracterizar e verificar o nível de desenvolvimento socioeconômico-populacional, a sua relação com o DS e a mineração nos municípios da região do QF foram coletados dados econômicos, sociais, populacionais e relativos à mineração.

Primeiramente no aspecto econômico foram coletados três dados: o Produto Interno Bruto – PIB total municipal e suas dimensões: agropecuário, comércio e serviços e industrial; a População Ocupada Total e o Número de Estabelecimentos (empresas), por setores econômicos: indústria de transformação, construção civil, comércio, serviços, agropecuária e administração pública. Os dados do PIB foram coletados para os anos de 1980, 1996, 2000, 2010 e 2021, no sítio do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA, por meio da plataforma IPEADATA. Sobre os períodos é necessário elucidar que, a princípio seria coletado o PIB para os anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022, contudo devido a não disponibilidades dos dados de 1991 e 2022, foram coletados os valores mais próximos disponíveis, no caso 1996 e 2021. Vale

ressaltar, que o PIB total, utilizado nesta pesquisa, se deu pelo somatório de suas subdivisões. E ainda que a variável foi obtida por valor adicional a preços correntes. Os dados de população ocupada e do número de estabelecimentos foram obtidos para os anos de 1985, 1991, 2000, 2010 e 2022, no sítio do Ministério do Trabalho e Previdência, na plataforma da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS. Assim, como ocorreu em relação ao PIB, o dado de população ocupada para o ano de 1980 não está disponível.

Para a análise populacional foram coletados os dados de: população total, a população total por faixa etária e sexo, para os anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022, de todos os municípios do QF. Também se obteve a área de cada município, em quilômetros quadrados, a fim de calcular a densidade demográfica dos municípios do QF. Esses dados foram coletados no sítio do IBGE, por meio da plataforma Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.

Já para caracterizar os aspectos sociais na área de estudo foram coletados os seguintes dados: o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM e suas dimensões: renda, longevidade e educação e o Índice Mineiro de Responsabilidade Social – IMRD para as dimensões saúde, educação e vulnerabilidade para a escala municipal. Os IDHM's de cada município foram coletados no sítio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, por meio da plataforma do Atlas do Desenvolvimento Humano dos Municípios. Neste momento, cabe explicar que não foi possível coletar dados do IDHM para o ano de 2022, pois esse dado não estava disponível, até o término da confecção dessa pesquisa. Assim, optou-se em utilizar o Índice Mineiro de Responsabilidade Social – IMRS desenvolvido pela Fundação João Pinheiro, coletado no próprio sítio da instituição. Os dados do IDHM foram coletados para os anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, já o IMRS para o ano de 2020.

Por fim, no caso da mineração foram coletados os dados da CFEM para cada município da região do QF e a População Ocupada no setor de extração mineral e o Número de Estabelecimentos (empresas) no setor de extração mineral. A CFEM foi coletada no sítio da Agência Nacional de Minas – ANM, para os anos de 2004, 2010 e 2022, pois para os períodos anteriores os valores não estão disponíveis, a população ocupada e as empresas no sítio do Ministério do Trabalho e Previdência, na plataforma da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS, para os anos de 1985, 1991, 2000, 2010 e 2022.

4.3.2 Tratamento dos dados

O tratamento dos dados pode ser subdividido em duas partes. A primeira foi o tratamento dos dados para caracterização da região do QF e para auxílio na análise dos resultados. E a segunda foi à construção de um **Índice de Situação Socioeconômico - Populacional - ISSEP** para cada município e cada ano de análise. Para a visualização da caracterização e dos resultados foram realizados cálculos e construídos gráficos, tabelas e cartogramas. Isso permitiu realizar a caracterização regional e a análise da situação socioeconômica dos municípios da região do QF.

No intuito de caracterizar demograficamente a região do QF foram representados graficamente a população total, por municípios, para os anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022. Também foi calculado e construído um gráfico de linha representando a evolução da Taxa de Crescimento Geométrica (r) da população municipal e da região, entre os anos 1980-1991, 1991-2000, 2000-2010 e 2010-2022. A taxa é obtida pela seguinte fórmula:

$$r = \left(n \sqrt{\frac{P_F}{P_I}} \right) - 1. \quad (5).$$

Onde: P_F é a população do ano final, P_I é a população do ano inicial e n é a diferença em anos entre a população inicial e a final. Em seguida foram construídos gráficos no formato de pirâmide de barra da região para verificar a evolução da estrutura etária e a distribuição por sexo, para os anos de 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022. Igualmente essas duas últimas etapas foram replicadas para o estado de Minas Gerais com o propósito de comparar os resultados obtidos

Para caracterizar a dimensão econômica da região do QF foi analisada a evolução do PIB total da região e ainda foi feito um gráfico circular com os principais setores econômicos do PIB (Agropecuária, Indústria e Comércio e Serviços). Sobre os aspectos sociais da região foram representados graficamente a evolução das subdivisões do IDHM (Renda, Educação, Longevidade e Saúde) e do IMRS (Vulnerabilidade Social, Saúde e Educação) dos municípios e a divisão de classes seguiu o proposto pela PNUD, a saber:

Sobre os aspectos sociais da região foram representados cartograficamente a evolução do IDHM e do IMRS dos municípios e a divisão de classes seguiu o proposto pela PNUD, a saber:

- a) IDHM Muito Alto (0,800 a 1,000);
- b) IDHM Alto (0,700 a 0,799);
- c) IDHM Médio (0,600 a 0,699);
- d) IDHM Baixo (0,500 a 0,599) e;

e) IDHM Muito Baixo (0,000 a 0,499).

Já a evolução de suas subdivisões em Renda, Educação, Longevidade e Saúde foram construídos gráficos de coluna.

Vale ressaltar que para as análises gráficas, tabelas e quadros, o software utilizado foi o Microsoft Excel, versão 2013. E para os mapeamentos optou-se em utilizar os programas Arcmap versão 10.6.1 (ESRI, 2018) e o Quantum Gis – Qgis versão 3.16 Hanover (QGis, 2016). Em seguida segue o desenvolvimento da construção do Índice de Situação Socioeconômico-Populacional - ISSEP do QF.

Para construir o Índice de Situação Socioeconômico-Populacional – ISSEP dos municípios foram selecionadas dez variáveis, sendo quatro das dimensões clássicas do DS, social e econômica e duas da dimensão populacional (Quadro 4). Esses dados foram submetidos à aplicação da técnica de análise multivariada, Análise de Componentes Principais – ACP.

Quadro 4 – Variáveis coletadas para a construção do ISSEP.

Nº	DIMENSÃO	VARIÁVEIS	FONTE	ESCALA TEMPORAL
1	SOCIAL	IDHM TOTAL	PNUD e IPEA	1980, 1991, 2000 e 2010.
2		IDHM EDUCAÇÃO	PNUD e IPEA	1980, 1991, 2000 e 2010.
3		IDHM SAÚDE	PNUD e IPEA	1980, 1991, 2000 e 2010.
4		IDHM RENDA	PNUD e IPEA	1980, 1991, 2000 e 2010.
5		IMRS (EDUCAÇÃO, SAÚDE E VULNERABILIDADE)	FJP	2020
6	ECONÔMICA	PIB TOTAL (preços correntes)	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA	1980, 1996, 2000, 2010 e 2021
		NÚMERO TOTAL DE PESSOAS OCUPADAS	RAIS – Ministério do Trabalho	1985, 1991, 2000, 2010 e 2021
7		NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS	RAIS – Ministério do Trabalho	1985 a 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2010 e 2011 a 2021
8	POPULACIONAL	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (habitantes por quilômetro quadrado)	IBGE / Censos Demográficos	1980 a 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2010 e 2011 a 2022
9		POPULAÇÃO TOTAL (número total de habitantes)	IBGE / Censos Demográficos	1980 a 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2010 e 2011 a 2022

Fonte: Autor, 2024.

É necessário expor que o índice foi construído para cada ano específico. Dessa forma, foram obtidos cinco índices: índice 1: para o ano 1980; índice 2: para o ano de 1991 / 1996; índice 3: para o ano de 2000; índice 4: para o ano de 2010 e; índice 5: para o ano de 2022. Em relação aos índices que têm duas datas diferentes (1991 / 1996 e 2020 / 2021 / 2022), isso se deve à disponibilidade dos dados que não seguiu uma sistemática temporal. A partir disso segue o tratamento a que os dados foram submetidos, por meio da Análise de Componentes Principais - ACP.

A sistemática da técnica de ACP começa com uma matriz de dados brutos, neste caso com nove (09) colunas (variáveis/atributos) e 35 linhas (municípios e região), como no exemplo abaixo:

indivíduos/atributos	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{12}
X_1	$Y_{1.1}$	$Y_{2.1}$	$Y_{3.1}$	$Y_{12.1}$
X_2	$Y_{1.2}$	$Y_{2.2}$	$Y_{3.2}$	$Y_{12.2}$
X_3	$Y_{1.3}$	$Y_{2.3}$	$Y_{3.3}$	$Y_{12.3}$
X_4	$Y_{1.4}$	$Y_{2.4}$	$Y_{3.4}$	$Y_{12.4}$
X_{66}	$Y_{1.66}$	$Y_{2.66}$	$Y_{3.66}$	$Y_{12.66}$

(6).

A posteriori, foi necessário padronizar os dados e torná-los adimensionais, o que gerou uma nova matriz de dados. Para isso foi utilizada a seguinte fórmula:

$$X_1 - \frac{\bar{X}}{\text{Desvio padrão}} = (\text{Padronização}) \quad (7),$$

no qual X_1 é a variável bruta, \bar{X} é a média dos dados e em seguida dividir o resultado pelo Desvio Padrão ¹.

O próximo passo foi calcular a matriz de correlação dos dados padronizados,

$$R = \frac{1}{n} (Z^T)(Z) \quad (8),$$

a qual “n” é o número de indivíduos, (Z^T) é a matriz transposta e Z é a matriz padronizada. Nesse contexto é necessário que as variáveis sejam altamente correlacionadas entre si.

Assim, a partir da matriz de correlação serão calculados os autovalores e autovetores, através de uma combinação linear, como no exemplo abaixo:

¹ O Desvio Padrão é dado pela seguinte fórmula: $\text{Desvio} = \frac{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2}}{N}$, onde X é a variável, \bar{X} é a média das variáveis e N é o número de observações.

$$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_px_p \quad (09),$$

na qual $x_1x_2x_3x_p$ são as variáveis padronizadas e, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_p$ são os coeficientes (ou pesos) da combinação.

Primeiramente, para os **Autovalores** é necessário calcular o determinante da matriz de correlação:

$$\text{Det}(R - \lambda I) = 0 \quad (10).$$

Todavia, para isso é relevante que a matriz de correlação seja positiva – definida, isto é, que os Autovalores sejam, $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$ e $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = \text{número de variáveis}$.

Posteriormente calculou-se a variância total dos dados da componente, que é dada pela seguinte formulação:

$$S_Y^2 = \sum_{j=1}^P a_j^2 s_j^2 + 2 \sum_{j=1}^{P-1} a_j a_{j+1} r_{j,j+1} s_j s_{j+1} \quad (11),$$

com isso, temos:

$$\left(\sum_{K=j+1}^P a_j s_j a_K s_K r_{jK} \right) \quad (12),$$

no qual S_Y^2 é a variância de Y, s_j^2 é a variância de X_j , s_j é o desvio padrão de X_j e r_{jK} é a correlação entre a variável X_j e a variável X_K . Dessa maneira, para uma melhor explicação da correlação, neste trabalho foi considerada uma variância de explicação da primeira componente entre 55% e 60%. Neste ponto, a soma dos autovalores é igual ao número de variáveis, ou seja, para essa pesquisa, a soma dos autovalores é igual a nove (Anexo: I, J, K, L e M).

O passo seguinte é obter os **Autovetores** ou pesos da combinação linear, que são dados pela seguinte fórmula:

$$(R - \lambda_i I)a = 0 \quad (13),$$

onde R é a matriz de correlação. A partir desse ponto se calcula a componente principal, por meio da fórmula:

$$Y_1 = a_1 * Z_1 + a_2 * Z_2 + a_3 * Z_3 + \dots + a_n * Z_n, \quad (14),$$

o qual Y_1 é a componente, a_n é o autovetor e Z_n é a variável original. Em seguida é necessário calcular a correlação entre a componente principal e as variáveis, que dará o Escore ou nota de cada indivíduo.

Com isso, os escores da primeira componente obtidos, via ACP, foram reescalados para uma melhor comparação entre eles, com variabilidade centrada entre 1 e 10. Para o Novo Valor tem-se:

$$NV = \frac{(fim-íicio)*(Xi-menor)}{(maior-menor)} = início \quad (15),$$

no qual, NV = Novo Valor, Xi = Variável original, Início = Valor 0 (zero), Fim = Valor 10 (dez), Maior = x, Menor = -y.

Vale ressaltar, como nota de esclarecimento, que o Escore obtido por essa sistemática será usado com um dado ordinal. Dessa forma, em sua análise temporal não se pode afirmar que um município seja “X” vezes melhor que outro e sim que ele é superior.

Posteriormente, os resultados do ISSEP, reescalados entre 1,00 e 10,00, foram classificados, assim como no capítulo anterior, em quatro classes quanto ao nível de DS **1. Sustentável; 2. Não Sustentável; 3. Parcialmente Sustentável, com tendência a ser sustentável e; 4. Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável.** Para isso, calculou-se o tamanho de cada classe pelo método da Quebra Natural de Jenks (1967) (Quadro 5).

Essa técnica pode ser resumida em cinco etapas: sendo na primeira se ordenam de forma crescente os dados, realizando a construção de um histograma de frequência; em seguida faz-se uma estimativa da média dos dados; na terceira etapa determina-se a somatória dos desvios padrões de cada observação em relação à média amostral; na etapa quatro realiza-se a definição do limite das classes, calculando as médias de cada classe e; por fim na quinta etapa são estimados os Goodness of Variance Fit (GVF) - Melhor Ajuste de Variância, por meio da seguinte formulação:

$$GVF = \frac{SDAM-SDCM}{SDAM} \quad (16).$$

No qual, SDAM é a somatória dos desvios padrões de cada observação em relação à média amostral e SDCM é o somatório dos desvios padrões de cada observação em relação à média das observações contidas na sua respectiva classe (Ramos *et al*, 2016 p. 623).

Com isso, a fim de verificar a evolução do índice esse método foi aplicado nos resultados do ISSEP de 1980 e replicados para os demais anos – 1991, 2000, 2010 e 2022. Assim, foi possível obter o nível da evolução do DS para cada ano de estudo, e o nível com maior frequência, nos cinco períodos, foi o escolhido como classificação final. Entretanto, a classificação obtida com o emprego de métodos matemáticos – estatísticos, em alguns casos, não exprimiram a realidade do nível de DS. Dessa forma, foi necessário realizar a reclassificação de

alguns municípios quanto ao seu nível de DS, a partir de um conhecimento prévio de sua realidade.

Quadro 5 – Critérios para classificação do nível de sustentabilidade dos municípios do QF das dimensões social, econômica e populacional.

NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE	DIVISÃO DE CLASSES DE ACORCO COM JENKS PARA 1980
NÃO SUSTENTÁVEL	1,00 - 1,37
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL COM TENDÊNCIA A SER SUSTENTÁVEL	1,38 - 2,17
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL COM TENDÊNCIA A NÃO SER SUSTENTÁVEL	2,18 - 2,77
SUSTENTÁVEL	2,78 - 10,00

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Por fim, a partir dos resultados do ISSEP também possibilitou classificar os municípios da região do QF quanto ao seu nível de dependência em relação à mineração. A classificação se dá em: **Municípios Parcialmente Dependentes** e **Municípios Dependentes**. Portanto, com isso foi possível verificar se a mineração é uma maldição ou uma dádiva para os municípios do QF, tendo como norte as dimensões econômica, social e populacional do DS.

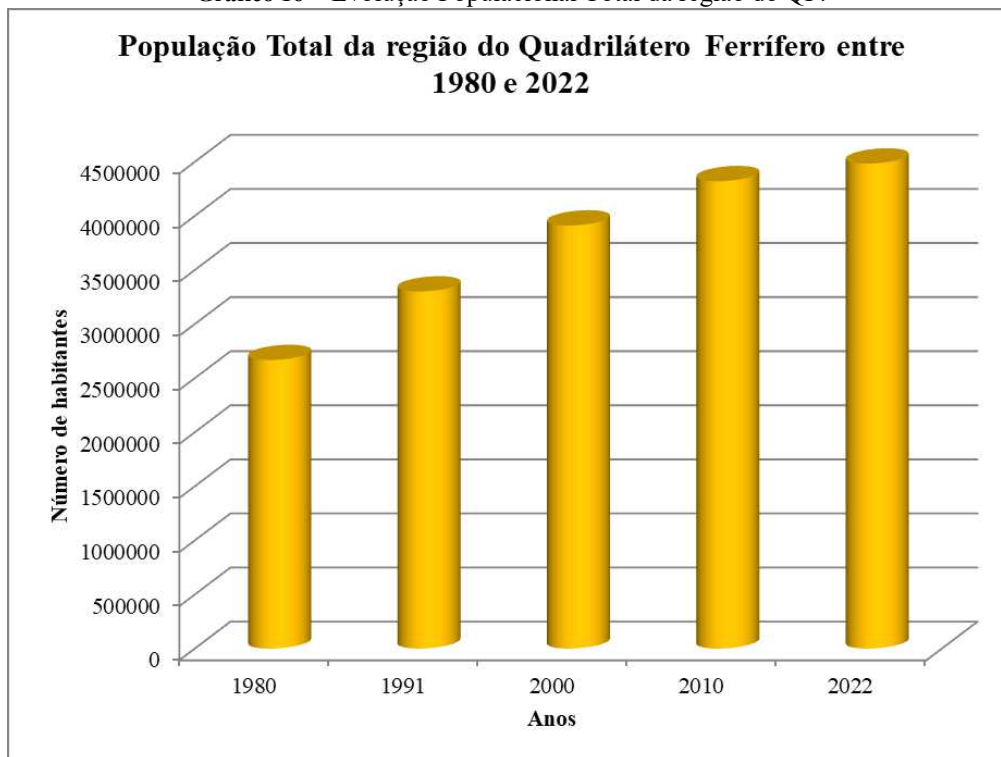
4.4 Breve caracterização Socioeconômica – Populacional da região de análise

A população do QF cresceu de forma significativa, desde a descoberta do ouro na região e com ela as questões econômicas e sociais, mas posteriormente com o declínio da produção, a área deixou de ser um chamariz populacional. Entretanto, com o advento da exploração de outros minerais, em especial, nas décadas finais do século XX, houve uma nova crescente socioeconômica-populacional. Com isso, é fundamental analisar a evolução dos aspectos demográfico-populacionais, econômicos e sociais da região do QF entre 1980 e 2022.

Ao analisar a evolução populacional do QF, entre 1980 e 2022, fica evidente que a região ainda é uma das que mais cresce no estado de Minas Gerais (Gráfico 16). Em 1980 a população total da região era de 2.667.598 de habitantes. Já em 1991 houve um crescimento de mais de 600.000 habitantes, passando para 3.301.258 habitantes. Nos anos 2000 a população evoluiu para 3.911.319 habitantes, um acréscimo de mais de 600.000 habitantes. Em 2010 a dinâmica de crescimento diminuiu, no qual a população registrada foi de 4.321.087 habitantes, isto é, uma

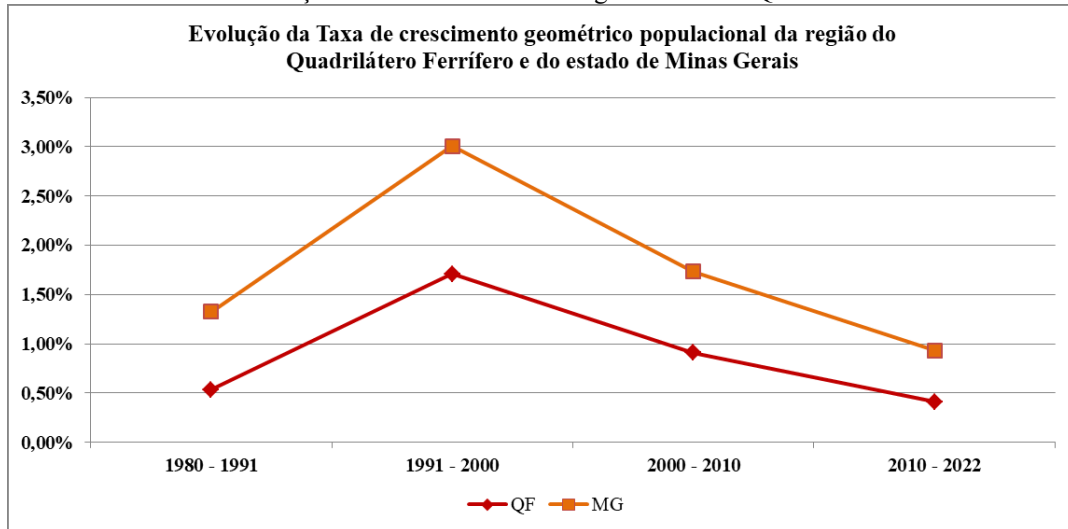
adição de mais de 400.000 pessoas. Já em 2022 a população foi de 4.483.910 habitantes, um acréscimo de 162.823 habitantes.

Gráfico 16 – Evolução Populacional Total da região do QF.



Fonte: IBGE, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022.

O crescimento populacional do QF é percebido também quando se calcula a taxa de crescimento geométrico populacional da região e a compara com o contexto estadual (Gráfico 17). Entre os anos de 1980 e 1991, o estado de Minas Gerais obteve uma taxa de crescimento de 0,71%, contra 0,53% do QF. Já entre os anos de 1991 e 2000 a taxa da região foi de 1,71%, contra 1,30% de Minas Gerais, ou seja, a dinâmica populacional da região superou a estadual em 0,41%. Entre os anos de 2000 e 2010, a taxa da região foi de 0,91% e a de Minas Gerais de 0,82%, o que denota uma diminuição do ritmo de crescimento das duas unidades espaciais, mas a taxa do QF continuava maior que a do estado. Entre os anos de 2010 e 2022 a taxa de MG foi de 0,52%, acima da taxa do QF, que no mesmo período, foi de 0,41%. Já entre os anos de 1980 e 2022 a taxa do QF foi de 5,33% e a de Minas Gerais de 5,99%.

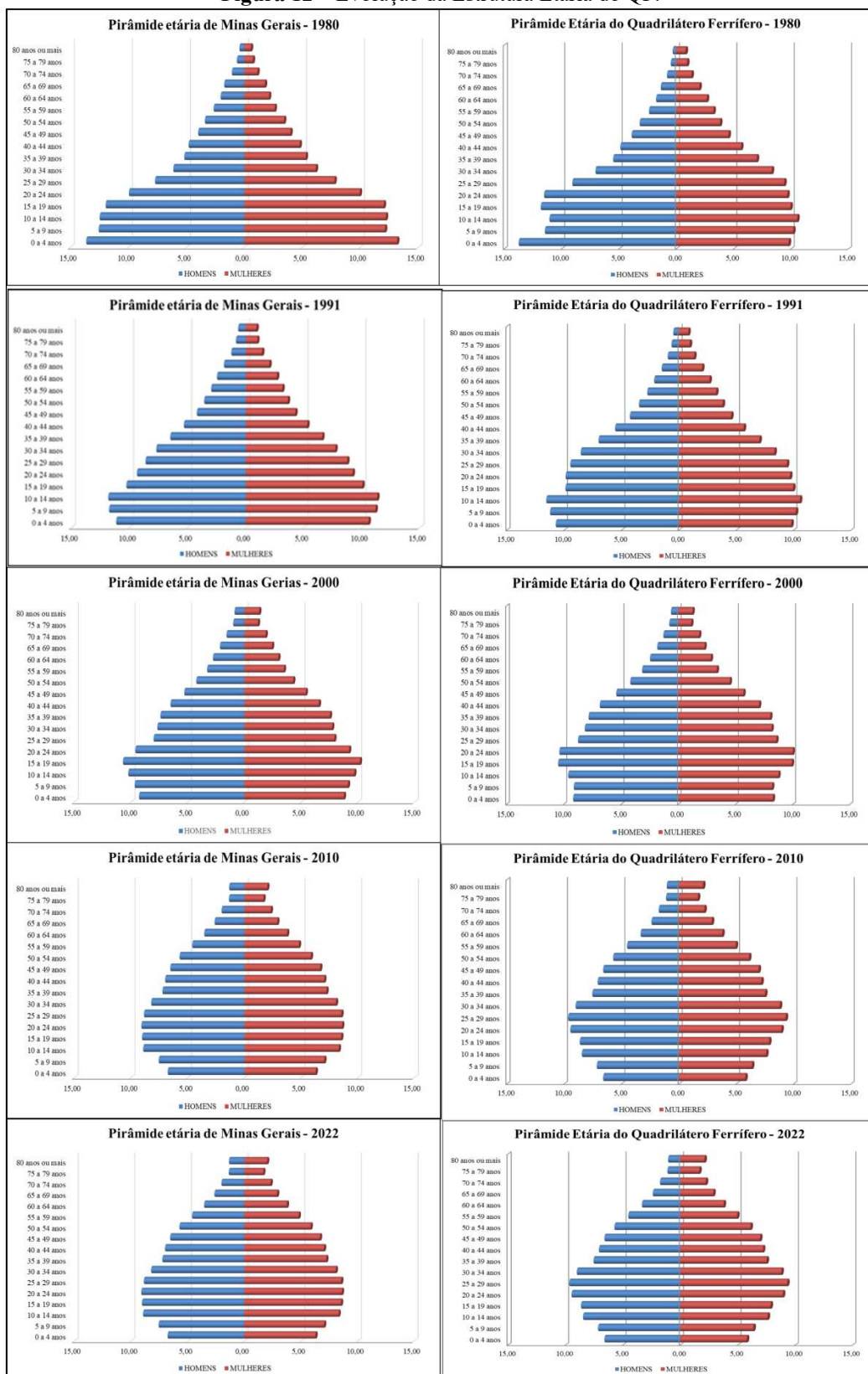
Gráfico 17 – Evolução da taxa de crescimento geométrico do QF e de Minas Gerais.

Fonte: IBGE, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022.

Em relação à estrutura etária da população, a dinâmica da região é semelhante à de Minas Gerais (Figura 12). Em 1980, tanto no QF, como em MG, a base da pirâmide etária era larga e o topo curto. Ainda em 1980, chama atenção o número maior de homens em relação a mulheres, principalmente entre 0 e 4 anos, fato esse que não ocorre no contexto estadual. Em 1991, já é evidente um achatamento da base das pirâmides e um ligeiro aumento do topo, tanto em MG, como no QF. Em 2000 e 2010, o processo continua, mas desta feita, mais evidente, denotando assim, um aumento da expectativa de vida da população, com mais idosos no topo da pirâmide e a diminuição dos nascimentos, isto é, uma diminuição na fecundidade total.

É necessário ponderar que a população da região, em 2010, era em sua maioria, composta por jovens, entre 20 e 29 anos. Já em Minas Gerais a maioria da população, no igual período, estava entre as faixas etárias de 15 a 24 anos. Em 2022 é possível perceber uma mudança significativa, na qual cada vez mais o que antes era uma pirâmide, agora está se transformando em outra forma geométrica, no caso um retângulo. Nota-se também, tanto na pirâmide do estado, como da região, que a distância, em números, entre as pessoas com 65 anos ou mais e as de até 15 anos diminuiu drasticamente entre 2010 e 2022. Provavelmente, no censo de 2030, caso ocorra, revelará um envelhecimento da população das duas unidades espaciais e uma diminuição da força de trabalho jovem.

Figura 12 – Evolução da Estrutura Etária do QF.



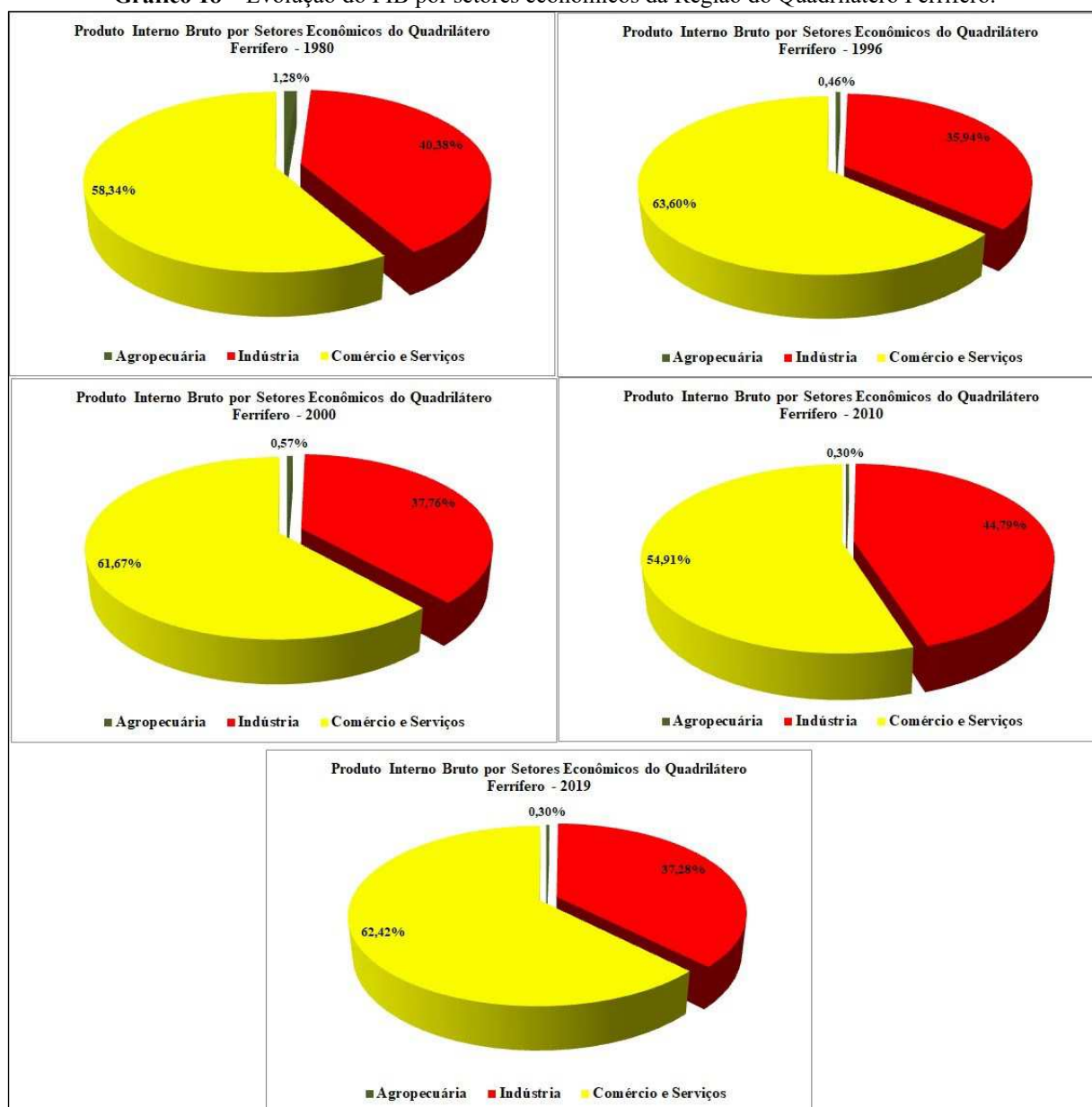
Fonte: IBGE, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022.

A população do QF vem avançando de forma importante e as perspectivas para o futuro são de crescimento populacional, mas não em um ritmo acelerado. Nesse aspecto a população tende a envelhecer, diminuindo a força de trabalho jovem, tanto no estado, como no QF. Contudo, faz-se necessário verificar a evolução socioeconômica da região.

O QF como sendo uma região influenciada pela mineração é de se esperar que, com a evolução desta atividade, a economia e as questões sociais também evoluam. Assim, a fim de verificar essa afirmativa é necessário explorar quatro dados, sendo três econômicos e um social. Os três primeiros são: o Produto Interno Bruto – PIB da região, a População Ocupada, por setores econômicos e o número de estabelecimentos (empresas), também por setores econômicos. Já na questão social ponderou-se o Índice de Desenvolvimento Humano médio e o Índice Mineiro de Responsabilidade Social, entre os municípios da região.

Em relação ao PIB, o somatório dos produtos internos dos 35 municípios, que nesta pesquisa compõem o QF, é verificado uma inconstância entre os anos de estudos. A variação é verificada observando que houve um crescimento importante entre 1980 – 1996, mas que entre 1996 e 2000 houve uma retração. Neste contexto, o período de maior bonança foi entre 2000 – 2021, onde o PIB obteve seu maior avanço. Este comportamento é esperado, uma vez que, a dependência da atividade mineradora leva a uma oscilação de mercado, que às vezes se retrai e às vezes se expande. Com isso, deve-se observar também a distribuição do PIB, pelos principais setores econômicos, indústria, comércio e serviços e agropecuária.

Ao analisar o PIB pelos três principais setores econômicos, é notório que o mais proeminente é o do Comércio e Serviços (Gráfico 18). Esse setor em todos os anos analisados é o que congrega a maior parcela de contribuição para o PIB total, onde somente em 1980 e 2010 ficou inferior a 60% do total. Porém, o comércio e os serviços não agem de forma isolada, a Indústria também tem um papel importante, pois fomenta, tanto o setor anterior como o agropecuário. É na indústria que a vocação do QF se materializa, no qual a extração mineral fomenta a indústria siderúrgica, engendrando renda, que incentiva o comércio e os serviços.

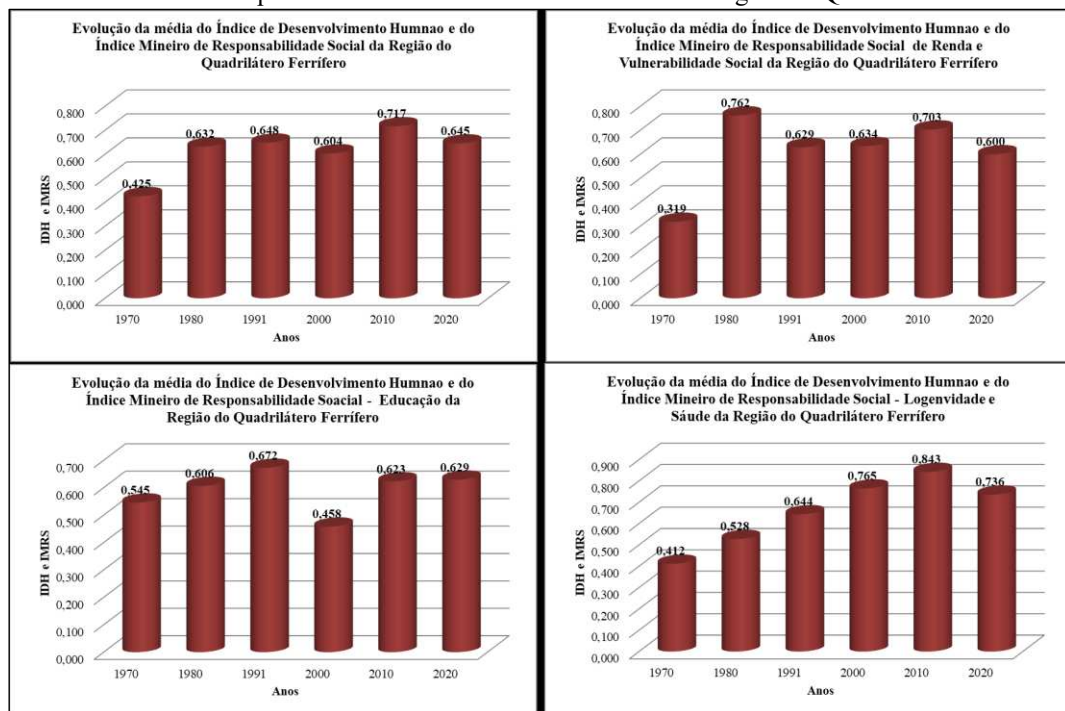
Gráfico 18 – Evolução do PIB por setores econômicos da Região do Quadrilátero Ferrífero.

Fonte: IPEA, 1980, 1996, 2000, 2010, 2021.

Uma prova dessa afirmativa é que ao observar o ápice do PIB industrial, esse ocorreu em 2010, com 44,79%, coincidindo com o aumento do PIB total, analisado anteriormente. Entretanto, é notório que existe uma retração importante do setor agropecuário da região, onde em 1980 correspondia a 1,28% do PIB e em 1991 foi de apenas 0,30%, com um ligeiro aumento em 2000, com 0,57%. Além do PIB é válido também ponderar sobre o desenvolvimento humano municipal.

A instabilidade do PIB, também se reflete na questão social da região. Ao analisar o IDH médio, calculado a partir dos 35 municípios do QF, fica claro que a questão social da região é ligada diretamente ao PIB e conseqüentemente à atividade mineral (Figura 13). Em 1970 o IDH médio da região era de 0,425, considerado de acordo com a PNUD, como muito baixo. Já em 1980 ocorreu um aumento significativo passando para 0,632, considerado mediano. Esse valor continuou em crescimento e chegou em 1991 a 0,648, mas ainda médio. Contudo, o que chama a atenção foi seu decréscimo em 2000, para 0,604, mas que voltou a se elevar em 2010, para 0,717, passando a ser considerado alto. Já em 2020, ao analisar o Índice Mineiro de Responsabilidade Social – IMRS é perceptível um decréscimo em relação ao índice de desenvolvimento humano. Isso se deve a maior gama de indicadores / variáveis utilizadas na criação do IMRS, mas pode-se evidenciar uma melhoria na questão educacional da região quando se comparam os dois índices.

Figura 13 – Evolução da média do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e do Índice Mineiro de Responsabilidade Social e seus sub índices da região do QF.



Fonte: PNUD e FJP, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2020.

É necessário ponderar sobre as subdivisões do IDH, longevidade, renda, educação e no caso do IMRS a vulnerabilidade social. Desses sub-índices o que seguiu se elevando de 1970 a 2010, foi o de Longevidade, mas esse valor se deve ao aumento da expectativa de vida do país como um todo. Dessa forma, as demais subdivisões têm variações importantes que afetam o

desenvolvimento social do QF. Em relação ao IDH de renda, entre 1970 e 1980 esse índice sofreu um aumento significativo, passando de 0,319 para 0,762, mas que não se manteve durante o tempo. Em 1991 o IDH de renda passou de 0,629 para 0,634 em 2000. Em 2010 esse valor retomou sua elevação passando para 0,703, considerado alto. Em 2020 o IMRS médio geral da região foi de 0,645, o da educação foi de 0,629, o da saúde 0,736 e o de vulnerabilidade de 0,600, tendo como destaque o resultado da saúde na região.

Em fim, a região do QF congrega feições importantes, tanto naturais como antrópicas. Assim, devido a sua localização e posição, a região se tornou um polo atrativo, aliado a isso, seus recursos minerais são um chamariz para atividade mineral que explora cada vez mais este espaço geográfico. Mesmo que o setor mineral alavanque a economia dos municípios que compõem o QF, isso causa uma dependência que pode se tornar um duplo problema para o futuro. Sendo o primeiro de cunho ambiental, onde com a degradação do espaço geográfico-ambiente natural, não retornará às suas feições naturais primárias. E o segundo relacionado às questões econômicas, populacionais e principalmente a social, nos quais podem desencadear infortúnios importantes para a região.

4.5 Resultados e Análises da Evolução das Dimensões Econômica, Social e Populacional do DS nos municípios do QF

Os municípios da região do QF são beneficiados, por meio da sua relação com a mineração, a qual engendra ganhos econômicos evidentes. Porém, além dos aspectos econômicos, é necessário ponderar os sociais e os populacionais dos municípios da região. Isso vai de encontro com o tripé existente no DS, formado entre o ambiental, já tratado no capítulo anterior, o econômico, o social e ainda agregando as dimensões espacial e populacional.

4.5.1 Resultados da evolução do ISSEP entre 1980 e 2022

Os resultados da situação socioeconômica e populacional dos municípios da região do QF de 1980 a 2022, por meio do ISSEP, evidenciam poucas mudanças no cenário hierárquico da região, mas algumas questões devem ser evidenciadas. Primeiramente é essencial ponderar que, em todos os períodos estudados, o município de Belo Horizonte é o que detém o maior índice

entre os municípios estudados (Tabela 2). Contudo, não é só a mineração que atua elevando o nível de desenvolvimento desse município, mas outros fatores, uma vez que, esse município é a capital do estado de Minas Gerais. Além disso, Belo Horizonte tem nos setores de comércio, serviços e indústria seus principais motores de desenvolvimento.

Tabela 2 – Resultados do Índice de Situação Socioeconômico-Populacional - ISSEP dos municípios do QF.

HIERARQUIA 1980			HIERARQUIA 1991		
POSIÇÃO	M_U	RES_ACP	POSIÇÃO	M_U	RES_ACP
1	Belo Horizonte	10,000	1	Belo Horizonte	10,000
2	João Monlevade	2,775	2	Ouro Branco	2,902
3	Conselheiro Lafaiete	2,727	3	Nova Lima	2,875
4	Betim	2,633	4	Itaúna	2,832
5	Nova Lima	2,609	5	João Monlevade	2,815
6	Itaúna	2,606	6	Conselheiro Lafaiete	2,759
7	Ouro Branco	2,572	7	Itabira	2,703
8	Itabirito	2,497	8	Betim	2,562
9	Ouro Preto	2,495	9	Itabirito	2,513
10	Itabira	2,453	10	Congonhas	2,395
11	Congonhas	2,420	11	Ouro Preto	2,387
12	Sabará	2,287	12	Sabará	2,340
13	Caeté	2,250	13	Mariana	2,178
14	Santa Luzia	2,174	14	Santa Luzia	2,178
15	Barão de Cocais	2,155	15	Raposos	2,165
16	Rio Piracicaba	2,089	16	Caeté	2,113
17	Brumadinho	2,056	17	Brumadinho	2,095
18	Mateus Leme	2,027	18	Ibirité	1,993
19	Raposos	2,025	19	Santa Bárbara	1,944
20	Mariana	1,940	20	Barão de Cocais	1,909
21	Santa Bárbara	1,904	21	Alvinópolis	1,830
22	Ibirité	1,817	22	Igarapé	1,764
23	Rio Acima	1,671	23	Mateus Leme	1,741
24	Itatiaiuçu	1,652	24	Rio Piracicaba	1,715
25	Igarapé	1,650	25	Rio Acima	1,690
26	Belo Vale	1,641	26	Moeda	1,482
27	Alvinópolis	1,606	27	Itatiaiuçu	1,470
28	Moeda	1,368	28	São Gonçalo do Rio Abaixo	1,428
29	Jeceaba	1,294	29	Belo Vale	1,367
30	São Gonçalo do Rio Abaixo	1,257	30	Jeceaba	1,272
31	Rio Manso	1,000	31	Rio Manso	1,000

Fonte: Autor, 1980 e 1991.

Em 1980 a segunda posição do desenvolvimento ficou com João Monlevade, município localizado no leste da região. O terceiro é Conselheiro Lafaiete, situado na porção sul da região, esse é um município importante na sua região próxima. As posições quatro e cinco ficaram com Betim e Nova Lima, municípios pertencentes à RMBH. Porém, o que mais chama a atenção são os municípios que estão entre a sexta e a décima terceira posição, os quais são municípios

importantes para a mineração na região. Os demais são bem semelhantes entre si em suas posições. Na parte inferior da hierarquia é possível notar que Rio Manso figura como o menos desenvolvido e que, como já evidenciado anteriormente, esse não detém mineração em seu território. É necessário pontuar que não foram identificadas ocupações de mineração, de acordo com os dados coletados, nos municípios de Alvinópolis, Jeceaba, Moeda, Raposos, Rio Manso e Santa Luzia, para o período de 1985 a 1990.

Em 1991 a segunda posição foi ocupada por Ouro Branco na porção central da região, seguido de Nova Lima, Itaúna e João Monlevade. Isso evidencia que das cinco primeiras posições, três estão fora da RMBH. Entre a 6^a e 20^a posições estão, em sua maioria, municípios fortes no setor de extração mineral, como Itabira (7^a posição), Itabirito (8^a posição), Congonhas (10^a posição) e Ouro Preto (11^a posição). Já entre as posições 21^a e 31^a estão municípios, nos quais a mineração não é presente de forma significativa, neste momento histórico, por exemplo, Mateus Leme (23^a posição), Moeda (26^a posição) e municípios sem mineração dentro do período de estudo, Alvinópolis (21^a posição) e Rio Manso (31^a posição).

O ano de 2000 é marcado pelo avanço do município metropolitano de Betim para a 2^a posição, tomando o lugar de Ouro Branco (Tabela 3). Nas posições 3^a, 4^a e 5^a não houve mudanças, sendo as mesmas de 1991, ou seja, Nova Lima, Itaúna e João Monlevade. Entre a 6^a e a 16^a posições, o que mais chama a atenção é o município de Caeté que subiu da 16^a posição em 1991, para a 9^a em 2000. Outro município que se destacou foi Brumadinho, que em 1991 ocupava a 17^a posição, e em 2000 a 13^a. Nas últimas posições houve poucas mudanças, nas quais Rio Manso continua figurando na última posição, acompanhado de Jeceaba (31^a posição), Itatiaiuçu (32^a posição), Moeda (33^a posição) e São Gonçalo do Rio Abaixo (34^a posição).

Já em 2010 Nova Lima figura na 2^a posição da hierarquia, seguida de Betim, Itabira e Conselheiro Lafaiete, respectivamente. Neste ano pode-se perceber a força da mineração na região do QF, uma vez que, duas das primeiras posições são municípios que mantêm uma relação estreita com a atividade minerária em seus territórios. Neste ano é necessário destacar novamente Brumadinho que agora figura na 10^a posição. E Ibirité, que em 2000 estava na 20^a e em 2010 na 14^a posição. Igualmente Sarzedo que estava na 22^a posição em 2000 e subiu para a 15^a posição em 2010. Já nas últimas posições, Moeda tomou o lugar de Rio Manso estando agora na última posição e tendo como companhias São Gonçalo do Rio Abaixo (31^a posição), Jeceaba (32^a posição), Belo Vale (33^a posição) e Rio Manso (34^a posição).

Tabela 3 - Resultados do Índice de Situação Socioeconômico-Populacional - ISSEP dos municípios do QF.

HIERARQUIA 2000			HIERARQUIA 2010		
POSIÇÃO	M_U	RES_ACP	POSIÇÃO	M_U	RES_ACP
1	Belo Horizonte	10,000	1	Belo Horizonte	10,000
2	Betim	3,114	2	Nova Lima	3,645
3	Nova Lima	3,105	3	Betim	3,480
4	Itaúna	3,050	4	Itabira	2,764
5	João Monlevade	2,919	5	Conselheiro Lafaiete	2,757
6	Ouro Branco	2,858	6	Ouro Branco	2,739
7	Conselheiro Lafaiete	2,723	7	João Monlevade	2,723
8	Itabira	2,702	8	Itaúna	2,694
9	Caeté	2,556	9	Congonhas	2,616
10	Ouro Preto	2,421	10	Brumadinho	2,502
11	Congonhas	2,363	11	Mariana	2,484
12	Santa Luzia	2,334	12	Ouro Preto	2,428
13	Brumadinho	2,303	13	Santa Luzia	2,353
14	Itabirito	2,291	14	Ibirité	2,343
15	Sabará	2,284	15	Sarzedo	2,336
16	Mariana	2,222	16	Sabará	2,309
17	Raposos	2,159	17	Itabirito	2,261
18	Mateus Leme	2,005	18	Raposos	2,142
19	Barão de Cocais	1,972	19	Caeté	2,137
20	Ibirité	1,928	20	Barão de Cocais	2,095
21	Santa Bárbara	1,906	21	Mateus Leme	1,865
22	Sarzedo	1,871	22	Igarapé	1,862
23	Catas Altas	1,857	23	Santa Bárbara	1,814
24	Igarapé	1,719	24	Mário Campos	1,745
25	Alvinópolis	1,581	25	Rio Acima	1,602
26	Rio Acima	1,562	26	Catas Altas	1,554
27	Rio Piracicaba	1,528	27	Itatiaiuçu	1,513
28	Belo Vale	1,492	28	Rio Piracicaba	1,507
29	Mário Campos	1,365	29	São Joaquim de Bicas	1,453
30	São Joaquim de Bicas	1,358	30	Alvinópolis	1,439
31	Jeceaba	1,300	31	São Gonçalo do Rio Abaixo	1,328
32	Itatiaiuçu	1,227	32	Jeceaba	1,295
33	Moeda	1,216	33	Belo Vale	1,236
34	São Gonçalo do Rio Abaixo	1,008	34	Rio Manso	1,138
35	Rio Manso	1,000	35	Moeda	1,000

Fonte: Autor, 2000 e 2010.

No último período de análise 2022 houve poucas mudanças, nas quais as três primeiras posições estão municípios da RMBH, Belo Horizonte (1ª posição), Betim (2ª posição) e Nova Lima (3ª posição) (Tabela 4). Em seguida têm-se municípios fortes na mineração, no caso Itabira (4ª posição), Congonhas (8ª posição) e Itabirito (6ª posição), seguidos de Conselheiro Lafaiete (5ª posição) e João Monlevade (7ª posição). Diferente do índice nos anos anteriores deve destacar a evolução de Ibirité (9ª posição) e Santa Luzia (10ª posição), que antes estavam em posições intermediárias e agora estão entre os 10 municípios com melhor ISSEP. Igualmente em termos de

evolução, deve-se pontuar o caso de São Gonçalo do Rio Abaixo que figurava nas últimas posições e evoluiu para a 18ª posição. Porém, ocorreram também retrocessos, como Brumadinho, que figurou em posições intermediárias (entre 17ª posição e 10ª posição) e no período de 2022 está na 30ª posição. Do mesmo modo, tem-se o caso de Mateus Leme que agora está na última posição na hierarquia.

Tabela 4 - Resultados do Índice de Situação Socioeconômico-Populacional - ISSEP dos municípios do QF.

HIERARQUIA 2020 2021 2022		
POSIÇÃO	M U	RES ACP
1	Belo Horizonte	10,00
2	Betim	3,02
3	Nova Lima	2,76
4	Itabira	2,55
5	Conselheiro Lafaiete	2,42
6	Itabirito	2,36
7	João Monlevade	2,36
8	Congonhas	2,30
9	Ibirité	2,29
10	Santa Luzia	2,26
11	Ouro Branco	2,22
12	Ouro Preto	2,20
13	Itaúna	2,17
14	Mariana	2,08
15	Sabará	2,04
16	Sarzedo	2,02
17	Raposos	1,93
18	São Gonçalo do Rio Abaixo	1,93
19	Catas Altas	1,91
20	Rio Acima	1,91
21	Caeté	1,87
22	Barão de Cocais	1,86
23	Jeceaba	1,80
24	Igarapé	1,78
25	Itatiaiuçu	1,76
26	Santa Bárbara	1,74
27	Rio Piracicaba	1,66
28	Mário Campos	1,63
29	Alvinópolis	1,62
30	Brumadinho	1,54
31	Moeda	1,48
32	Belo Vale	1,43
33	São Joaquim de Bicas	1,38
34	Rio Manso	1,19
35	Mateus Leme	1,00

Fonte: Autor, 2020, 2021 e 2022.

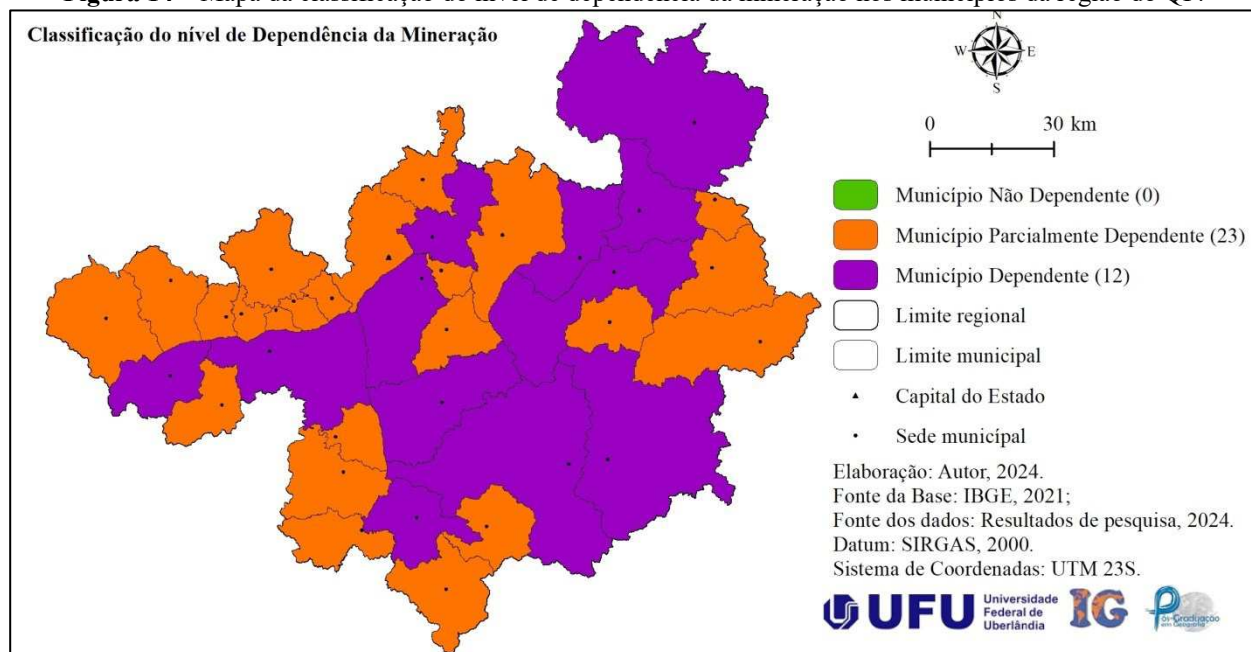
Por fim, esses resultados permitem classificar esses municípios, tanto em relação ao nível de DS, como em relação a sua dependência minerária. A partir disso, podem-se pontuar duas

questões sobre a dinâmica entre a extração mineral e a situação socioeconômica populacional na região do QF. A primeira é relacionada ao nível de dependência entre os benefícios advindos da extração mineral e a situação de cada município, tendo como norte as receitas advindas da CFEM. E a segunda é o nível de DS dos municípios, tendo como parâmetros as dimensões social, econômica e populacional, por meio do ISSEP e sua reclassificação.

4.5.2 Municípios dependentes parcialmente da atividade minerária e seu nível de DS

Primeiramente é necessário explicitar que nesta pesquisa nenhum município da região do QF foi considerado não dependente da mineração (Figura 14). Isso se deve ao contexto estadual e regional desses municípios, no qual segundo a legislação 25% da arrecadação com a CFEM é destinada ao estado e de acordo com dados da ANM, em 2004 e 2010 Minas Gerais foi o estado que mais recebeu valores e em 2022 foi o segundo ficando atrás somente de estado do Pará (ANM, 2022). A partir disso é possível perceber que mesmo municípios de Minas Gerais que não tenham mineração em seus territórios são parcialmente dependentes da mineração. Ademias, devido a essa parcial dependência, quando da classificação quanto ao nível de DS, levou-se em consideração, além do contexto da mineração, também o econômico, social e populacional dos municípios. Logo, nesta pesquisa os municípios da região foram classificados como aqueles que são parcialmente dependentes da mineração e aqueles que são dependentes.

Desse modo, dentre os municípios que fazem parte da região do QF e que são parcialmente dependentes da mineração, se destaca a capital do estado - Belo Horizonte. Esse município é o que detém a melhor posição, a partir da situação econômica-populacional obtida e em todos os anos de estudo. Belo Horizonte tem no setor de comércio, serviços e indústria os seus maiores PIB's, em todos os períodos. Desse modo, a relação com e mineração é de parcialidade, pois, por exemplo, o número de pessoas ocupadas na extração mineral em Belo Horizonte vem diminuindo entre 1985 e 2022. Em 1985 o número de pessoas ocupadas era de 3.843, passando para 1.866 em 1991, 969 em 2000, 3.040 em 2010 e 1.476 em 2022.

Figura 14 – Mapa da classificação do nível de dependência da mineração nos municípios da região do QF.

Fonte: Autor, 2024.

Já sobre o nível de DS, quando se analisa somente os valores numéricos, Belo Horizonte foi considerado um município Sustentável, a partir das dimensões econômica, social e populacional. Ou seja, do ponto de vista econômico e populacional esse é o município melhor desenvolvido, mas ainda existem problemas na dimensão social que impedem que esse seja considerado sustentável, principalmente devido às desigualdades internas do município, onde bairros do Centro-Sul detêm uma melhor estrutura para população, enquanto regiões como a norte e leste não tem o mesmo benefício. Assim Belo Horizonte foi reclassificada como **Parcialmente Sustentável, mas com tendência a ser sustentável**. E caso a esfera governamental se atente para as necessidades, principalmente as sociais, presentes e futuras da população o município pode vir a se tornar sustentável. Além de Belo Horizonte, também na RMBH, existem outros municípios que dependem parcialmente da mineração, no caso Betim, Santa Luzia e Ibirité.

Betim sempre figurou entre as 10 primeiras posições dentro do ISSEP e entre as cinco primeiras posições nos anos de 1980, 2000, 2010 e 2022. Betim é um município onde o setor mais desenvolvido é o industrial, seguido de perto pelos setores de comércio e serviço. Isso se deve principalmente por estarem instaladas no seu território a montadora de veículos automotivos Fiat Chrysler Automobiles – FIAT e a refinaria de petróleo Gabriel Passos - REGAP. A partir

disso ele foi considerado um município parcialmente dependente da mineração. Sobre seu nível de DS, em um primeiro momento ele foi classificado como um município Sustentável, mas Betim por ser um município metropolitano ainda existem muitos problemas, principalmente na dimensão sociais, que o impede de ser considerado sustentável, com isso ele foi reclassificado como **Parcialmente Sustentável, mas com tendência a ser sustentável**, assim como em Belo Horizonte, caso o governo tenha êxito na sua administração, esse pode vir a se tornar sustentável.

Santa Luzia figurou entre as 15 primeiras posições em todos os períodos até 2010. A população ocupada na extração mineral no município nos últimos 37 anos nunca ultrapassou 99 pessoas, devido a esses dados o município é dependente parcialmente da mineração. Em relação ao seu nível de DS, Santa Luzia foi considerada Parcialmente Sustentável, mas diferente de Belo Horizonte e Betim, com tendência a não ser sustentável, pois essa foi sua classificação em três períodos, no caso 1991, 2000 e 2010. Todavia, esse município foi reclassificado para **Parcialmente Sustentável com tendência a ser sustentável**, devido a sua parcialidade na dependência da mineração.

Ibirité entre os anos de 1980 e 2000 figurou entre os municípios com hierarquia mais baixa de acordo com os resultados do ISSEP. Todavia, em 2010 e 2022 esse município obteve um avanço importante passando para a 14ª posição em 2010 e para a 9ª, em 2022. Isso devido ao setor industrial ter evoluído entre esse período, enquanto entre 1991 e 2000 o setor de comércio e serviços foi o com maior desenvolvimento. Em relação à mineração, o ano em que evidenciou o maior número de pessoas trabalhando nesse setor foi em 1991, 378 pessoas e em 2022 foram somente 16. Além disso, em 2004 o município recebeu somente R\$ 21.853,42, em 2010 R\$ 168.972,77 e em 2022 nenhum valor relacionado da CFEM, com isso Ibirité foi classificado como parcialmente dependente da mineração. Porém, o município foi classificado como **Parcialmente Sustentável, com tendência a não ser sustentável**, uma vez que, no quesito social ainda é necessário avanços, mas que já estão ocorrendo, como por exemplo, a não mais cobrança pelo transporte público municipal, a partir de 2023.

Diferentemente dos municípios metropolitanos citados anteriormente, Itaúna se destaca no cenário do QF por estar em uma boa posição no ISSEP e ser parcialmente dependente da mineração. Esse município tem como setor econômico mais relevante a indústria, o comércio e os serviços em todo o período de estudo. Em 1985 o município detinha 634 pessoas ocupadas no setor de extração mineral, passando para 393 em 1991, 77 em 2000, 161 em 2010 e somente 150

em 2022, isto é, com passar do tempo à mineração vem perdendo espaço na economia do município. Contudo, o município ainda recebe uma quantia importante referente à CFEM, por exemplo, em 2022 o município recebeu o valor de R\$ 632.239,33. Em relação a sua classificação dentro do DS ela foi considerada **Parcialmente Sustentável, com tendência a ser sustentável** devido à qualidade de vida que tem sua população.

Assim como ocorreu com Betim, o município de João Monlevade figurou sempre nas primeiras posições do ISSEP. O setor industrial é o mais proeminente neste município, devido a uma grande empresa situada em seu limite, no caso a Arcelomital S/A. A mineração pouco ajuda no seu desenvolvimento, no qual a população ocupada entre 1985 e 2022 no setor mineral não ultrapassou 104 pessoal, número esse alcançado no ano de 2000, devido a isso ele foi classificado como depende parcialmente do setor minerário. Quando da sua classificação no DS em um primeiro momento esse foi considerado como Sustentável, mas foi reclassificado como **Parcialmente Sustentável, com tendência a ser sustentável**, uma vez que, o município ainda pode avançar na busca por uma melhoria sustentável da vida de sua população.

Igarapé tem seu PIB centrado principalmente na indústria, em especial nos anos de 1980 e 1996, posteriormente o setor de comércio e serviços avançou entre 2000 e 2021. A mineração influência parcialmente Igarapé, no qual somente 515 pessoas estavam ocupadas neste setor em 2010, nos demais anos esse número não ultrapassou 82 pessoas. O município foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, pois diferentemente dos municípios anteriores, em Igarapé existe uma significativa necessidade de avanços das dimensões econômica, social e populacional.

Jeceaba é um município que, em 1980, seu PIB era voltado para a agropecuária, mas a partir de 2010 mudou-se o foco para o setor industrial. Porém, isso não foi revertido para a melhoria das condições sociais da população do município, uma vez que, Jeceaba figura nas últimas posições do ISSEP da região entre 1980 e 2010, mas que em 2022 obteve um salto significativo para a 23 posição, mesmo assim uma posição intermediária baixa. Devido a isso o município foi classificado como **Não Sustentável**. Em relação à população ocupada no setor de extração mineral esse teve 10 pessoas ocupadas em 2010 e cinco em 2022, nos demais anos o resultado foi zero. Sobre a CFEM, em 2004 o município não recebeu valores, em 2010 R\$ 46,04 e em 2022 R\$ 3.551,66, assim o município foi considerado parcialmente dependente da mineração.

Moeda é um município que em 2004 e 2010 não recebeu valores referentes à CFEM, mas em 2022 o valor recebido foi de R\$ 2.003,03 e ainda somente em 1985 tinha pessoas ocupadas no setor de extração mineral, isto é, com uma dependência parcial em relação à mineração. Seu forte, principalmente em 1985 e 1996, foi à agropecuária, já em 2000, 2010 e 2021 os setores que sustentam o município são o de comércio e serviços e o da administração pública. Todos esses dados refletem a sua baixa posição no ISSEP, estando sempre entre os mais baixos de toda região do QF, o qual levou o município a ser classificado quanto ao DS como **Não Sustentável**.

Raposos é um município que, como já explicado no capítulo anterior, já foi importante para a mineração, mas hoje o setor que mais se destaca é o comércio, os serviços e assim como em Moeda, a administração pública. Sua relação com a mineração quase inexistente, no qual sobre a CFEM em 2004, 2010 e 2022 o município não recebeu nenhum valor. Apesar disso, Raposo se mantém em uma posição intermediária baixa levando em consideração a evolução do seu ISSEP, assim o município foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, em todos os períodos de estudo.

São Joaquim de Bicas, assim como Catas Altas, Mário Campos e Sarzedo tiveram suas emancipações somente em 1995, esse município não guarda uma relação estreita com a mineração. Sobre a população ocupada no setor de extração mineral, somente em 2010 que o município teve seu maior contingente, 33 pessoas. Porém, o município tem certo grau de ganhos com a CFEM, em 2004 o valor recebido foi de R\$ 85.519,80, em 2010, R\$ 2.073.058,73 e em 2022, 727.959,09. Entretanto, é o setor industrial que mais se destaca no município sendo responsável pelas maiores contribuições para o PIB municipal. Todavia, o município ainda tem que evoluir na diversificação de sua economia e na questão social, para levar mais benefícios para sua população, assim ele foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**.

Rio Manso, o qual tem na agropecuária, nos anos de 1980, 1991 e 2000, a maior contribuição para seu PIB, sendo um município pertencente ao cinturão verde da RMBH, fornecendo principalmente verduras para outras cidades metropolitanas. Já em 2010 e 2021 os setores que mais contribuíram para o PIB foram o comércio, os serviços e a administração pública. Em 2022 o município apresentou somente uma pessoa ocupada no setor de extração mineral e recebeu em 2022 R\$ 114,24 da CFEM, que segundo a ANM, pela extração de argila no

município (ANM, 2022). Porém, o município foi classificado como **Não sustentável** por figurar sempre entre as últimas posições da situação socioeconômica populacional da região.

O município de Alvinópolis até o ano de 2020, como evidenciado no capítulo anterior, não possuía áreas de mineração nos seus limites. Todavia, em 2022, de acordo com dados da CFEM, o município recebeu R\$ 1.312.736,56, referente à somatória da exploração de areia, granito e minério de ferro (ANM, 2022). E ainda a população ocupada no setor de extração mineral passou de zero em 2010 para 20 pessoas em 2022. Sobre o PIB por setores em 1980 e 1996 a indústria e a agropecuária foram os destaques, já em 2000, 2010 e 2021 o comércio e os serviços foram os que mais contribuíram para o PIB municipal. Sobre a questão social Alvinópolis não figura como um dos mais proeminentes, aspecto esse corroborado pela sua posição em relação ao ISSEP, por isso o município foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável** e parcialmente dependente da mineração. Contudo, caso a exploração mineral continue no município ele pode vir a se tornar dependente dessa atividade extrativista e ainda ser reclassificado como não sustentável, em um futuro próximo.

Em relação ao município de Belo Vale, esse foi considerado parcialmente dependente da mineração. A população ocupada em 1985 foi de 16 pessoas, em 1991 nenhuma, em 2000 - 19 e em 2010 - 76. Já a arrecadação em 2004 foi de R\$ 163.566,97 e em 2010 de R\$ 382.317,14. No entanto, quando se verifica esses mesmos dados para o ano 2022 é perceptível um saldo importante para o município, no qual a população ocupada na mineração passou para 277 pessoas e a arrecadação pela CFEM foi de R\$ 66.601.960,53. Isso faz com que Belo Vale principalmente no último período de análise, seja considerado dependente parcialmente da mineração devido à arrecadação da CFEM, no qual caso isso se repita durante os próximos anos o município pode vir a ser tornar dependente da mineração. Quanto ao nível de desenvolvimento, esse foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, uma vez que, Belo Vale sempre figurou nos níveis mais baixos do ISSEP.

Posteriormente tem-se o município de Caeté, esse município despontou como dependente parcialmente da mineração a partir de 2010. Em 1985 a população ocupada no setor de extração mineral era de oito pessoas, passando para 32 em 1991, 70 em 2000, 429 em 2010 e 272 em 2022. A arrecadação do município em 2004 foi de R\$ 35.621,80, em 2010 de R\$ 80.877,24 e em 2022 obteve um salto para R\$ 877.068,01. Caeté tem uma posição intermediária no ISSEP e em

relação ao IDHM, no que se refere ao PIB, os setores que mais contribuíram em 1980 foram o industrial, passando para o comércio e serviços em 1996, aspecto esse que teve continuidade até 2021. É necessário ponderar que esse município foi considerado a princípio como Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável, dentro do DS, mas devido a sua evolução na posição do ISSEP e sua parcial dependência da mineração esse foi reclassificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a ser sustentável**. Contudo, Caeté pode passar de parcialmente dependente para dependente da mineração, caso tenha início a exploração mineral na Serra da Piedade, assim passando também a ser um município não sustentável.

Assim como ocorreu com o Belo Vale, o município de Catas Altas é parcialmente dependente da mineração devido ao aumento desse setor econômico a partir de 2022. O número de pessoas ocupadas no extrativismo mineral passou de 13, em 2000, para 64 em 2010 e para 700 em 2022. Já a CFEM passou de R\$ 365.573,06, em 2004, R\$ 3.733.624,41, em 2010 e para R\$ 23.514.291,25, em 2022. Além disso, o PIB desse município, principalmente em 2010 e 2022, é elevado devido à atividade industrial. O município então foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, principalmente devido à questão social, a qual deixa a desejar ocupando uma posição intermediária baixa dentro da região de estudo, aspecto esse que contribui para posição também intermédia dentro da evolução do ISSEP.

Conselheiro Lafaiete é um município que foi considerado parcialmente dependente da mineração. Esse município teve como valor máximo recebido, por meio da CFEM em 2022, R\$ 600.796,89 e a população ocupada no setor mineral em 1985 foi de 520, em 1991 - 386, em 2000 118, em 2010, 197 e em 2022 - 108. Em relação ao PIB o setor que mais contribui é o de comércio e serviços em todos os períodos e ainda tanto na questão social, como no ISSEP, Conselheiro Lafaiete mantém uma posição elevada. Ou seja, tudo indica que esse município não depende da mineração, mas no seu entorno estão cidades que são extremamente dependentes da mineração, e esses necessitam de um centro comercial para suprir suas demandas de bens e serviços mais especializados, no caso Conselheiro Lafaiete. Devido a isso, o município foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a ser sustentável**, mas caso ele eleve sua dependência em relação ao seu entorno Conselheiro Lafaiete, tende a ter uma nova classificação em alguns anos.

No município de Mário Campos, em 2022, foi detectado que esse recebeu um montante de R\$ 1.198.348,91, onde a substância mais extraída no mesmo ano foi o minério de ferro (ANM,

2022). Referente à CFEM, o município não recebeu nenhum valor em 2004 e em 2010 o valor recebido foi de R\$ 22.923,77. Mário Campos tem como destaque no PIB os setores de comércio e serviços e da administração pública, mas ainda ocupa uma posição intermediária baixa no ISSEP. Assim, ele foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, no qual a questão social deve ser o foco dos investimentos da CFEM, servindo assim como um trampolim para seu desenvolvimento.

O município de Mateus Leme é forte tanto no comércio e serviços como na indústria. Porém, ocupa uma posição intermediária quando se analisa a questão social. Igualmente, poucas pessoas são ocupadas no setor de extrativismo mineral, no qual em 1985 eram 77, passando para, em 1991 - 57, em 2000 eram 69, em 2010 - 53 e em 2022 - 85. Nos resultados da CFEM em 2004 o município recebeu um valor de R\$ 211.574,77, em 2010 - R\$2.793. 615,79 e saltando em 2022 para R\$ 11.987.376,78. Por isso, o município foi classificado como parcialmente dependente e ainda como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, uma vez que, a mineração vem avançando no município.

Ouro Branco foi classificado como parcialmente dependente da mineração, assim como ocorre com Conselheiro Lafaiete, devido a sua proximidade com municípios importantes para a mineração, como Congonhas, Mariana e Ouro Preto. Entretanto, diferente do que ocorre em Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco é uma potência industrial da porção sul da região do QF, aspecto esse corroborado quando se analisa o PIB por setores econômicos. Esse dado evidencia que a indústria, desde 1980, é o destaque deste município. Esse fato é devido a uma grande empresa siderúrgica instalada em seus limites, no caso a Gerdau, que é voltada para indústria de transformação, principalmente de aço. Dessa maneira, Ouro Branco foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a ser sustentável**, mas que, assim como ocorre em Conselheiro Lafaiete, caso a dependência dos municípios ao seu redor seja intensificada, esse como ser reclassificado como Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável em alguns anos.

Rio Acima, em princípio não guarda relações profundas com a mineração, mas que em 2022, devido ao avanço da arrecadação da CFEM, esse foi considerado parcialmente dependente. Entre 1996, 2000 e 2010 o PIB do município teve como destaques o comércio e os serviços, já em 1980 e 2021 o destaque foi o setor da indústria. Já em relação à população ocupada no setor de extrativismo, em 1980 era de 51 pessoas, 33 em 1991, 16 em 2000, 86 em 2010, dando um

salto para 218 pessoas em 2022. Aspecto esse que ocorreu também com a CFEM, que em 2004 a arrecadação foi de R\$ 55.287,56, em 2010 de R\$ 291.984,89, passando para R\$ 22.839.722,26. Devido a isso, Rio Acima foi considerado como parcialmente dependente e como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, devido ao avanço da mineração em seu território.

Diferente de Rio Acima, a parcialidade na dependência da mineração de Rio Piracicaba é percebida principalmente na população ocupada na extração mineral. Em 1985 o número de pessoas trabalhando na mineração foi de 192, passando para 287 em 1991, 328 em 2000, caindo para 42 em 2010, mas voltando à crescente em 2022 para 514 pessoas. Em relação ao PIB por setores, o destaque fica com a indústria, particularmente a partir de 1991. Sobre a arrecadação, por meio da CFEM, em 2004 não houve arrecadação, mas em 2010 o valor foi de R\$ 3.590.867,57, crescendo para R\$ 5.169.560,71, em 2022. No entanto, na questão social o município deve avançar, pois figura nas posições mais baixas dentre os municípios da região. Por isso o município foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**.

Santa Bárbara e Barão de Cocais são municípios limítrofes da porção nordeste do QF e têm no minério de ferro e no minério de ouro as substâncias mais extraídas em seus territórios (ANM, 2022). Respectivamente em 2004 os municípios receberam referente à CFEM, os valores de R\$ 2.630.231,22 e R\$ 2.914.971,25, em 2010 R\$ 11.020.596,93 e R\$ 4.669.461,87 e em 2022 R\$ 13.105.762,12 e R\$ 28.357.656,24 respectivamente. Esses municípios em 1980 e 1991 tinham a maior parte da população ocupada no setor mineral, passando nos anos seguintes para o comércio e serviços. E esses municípios são semelhantes até no ISSEP estando, em 1991, 2000 e 2010 sempre próximos na hierarquia. Devido a isso esses municípios foram classificados como parcialmente dependentes da mineração e **Parcialmente Sustentáveis com tendência a serem não sustentáveis**.

Por fim, tem-se o município de Sarzedo que, assim como uma importante parcela dos municípios da região do QF que foram considerados parcialmente dependentes da mineração, obteve seu saldo de dependência há pouco tempo. A arrecadação desse município passou de nenhum valor arrecadado em 2004, para R\$ 374.557,77 em 2010 e em 2022 para R\$ 30.220.969,39, sendo um dos que mais arrecadou no ano de 2022. Aspecto esse corroborado também pelo progresso da população ocupada na mineração, passando de zero em 1985 e 1991,

para 172 em 2000, 276 em 2010 e 704 em 2022. É necessário pontuar também que o município teve uma evolução na questão social, entre 2000 e 2010, mas que ainda demanda atenção dos governantes, devido a isso o município foi classificado como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**.

Esses municípios que dependem parcialmente da mineração estão em uma “encruzilhada”, pois a mineração pode representar um trampolim para o desenvolvimento ou uma maldição, existindo assim dois caminhos a serem seguidos. O primeiro é principalmente o setor de governança dos municípios não serem fascinados pelos ganhos da mineração, por exemplo, da CFEM, e considerar a mineração como uma dádiva, mas não investindo na diversificação da economia local e no DS do município, conseqüentemente a mineração no futuro se tornará uma maldição. E o segundo é aliar a mineração como uma dádiva e ao mesmo tempo como um trampolim para o desenvolvimento econômico, social e populacional do município.

Logo, esses resultados dos municípios classificados como parcialmente dependentes evidenciam um avanço da mineração na região do QF, especialmente depois da pandemia de COVID - 19. Municípios que antes não tinham nenhuma ou pouca relação com a mineração, a partir de 2022 começaram a receber somas expressivas da CFEM. E isso independente dos poucos empregos diretos criados, “que geralmente exigem mão de obra altamente qualificada inexistente nas regiões mineradoras, aumentando a concentração de renda e, assim, a desigualdade social” (Coelho, 2012, p. 130). Isso fez com que a maior parte desses municípios tivesse como classificação principal a não tendência a ser sustentável. A partir disso, pode-se ponderar que caso essa situação continue esses municípios podem vir a se tornarem dependentes da mineração, assim como ocorre com os que serão analisados no próximo item.

4.5.3 Municípios dependentes da atividade minerária e seu nível de DS

Todos os municípios que mais dependem da mineração têm arrecadações expressivas com a CFEM. Porém, é no dado da população ocupada no setor mineral, que se evidencia sua dependência em relação à atividade minerária. Contudo, essa dependência, em longo prazo, pode acarretar em uma falência econômica e social desses municípios e impactar diretamente sua população, atingindo também o seu nível de sustentabilidade. Assim como os que dependem parcialmente da mineração, os que dependem podem ser divididos em dois grupos, aqueles que

têm um ISSEP alto e aqueles que estão em uma posição intermediária e baixa no índice. Nesse sentido, dentro da evolução da CFEM, do ISSEP e da população ocupada no setor de extrativismo mineral dois municípios dependentes da atividade minerária se destacam, são eles Nova Lima e Itabira.

Nova Lima é um município que está inserido na RMBH, o qual mantém uma relação significativa com a capital Belo Horizonte. Esse fato faz com que muitas pessoas ocupadas na mineração trabalhem em Belo Horizonte, mas estão diretamente ligadas à atividade mineral em Nova Lima. A sua arrecadação pela CFEM é expressiva, assim como sua população ocupada na mineração. Sobre esse município é necessário explicar que sua posição na hierarquia do ISSEP é parcialmente falaciosa, uma vez que, Nova Lima se tornou um reduto para condomínios fechados de alto padrão como, por exemplo, o AlphaVille Lagoa dos Ingleses. Isso faz com que o município tenha uma elevação do quesito social, por exemplo, na renda e na escolaridade da população, mas isso não é a realidade da maior parcela de sua população. Devido a isso, o município foi classificado com **Não Sustentável**.

Já Itabira tem um longo histórico de atividade minerária em seu território onde a cidade se desenvolveu nas adjacências de extrações minerais, no qual a paisagem urbana se confunde com a da mineração (Figura 15). Em 2004 a arrecadação com a CFEM foi de R\$ 20.896.701,00, evoluindo para R\$ 45.028.049,33 em 2010 e chegando em 2022 a R\$ 211.712.574,49. Isso faz com que exista um dinamismo econômico no município devido à atividade minerária, o qual é percebido na evolução da população ocupada no setor de comércio e serviços que durante 1985 e 2022 ultrapassou o setor de extração mineral. Porém, isso é um entrave para diversificação econômica no município, pois essa dependência econômica frente à mineração é o principal empecilho para a formulação de projetos alternativos (Coelho, 2012, p. 130). Essa dependência da mineração foi o ponto determinante para que o município fosse classificado como **Não Sustentável**, nas dimensões econômica, social e populacional. E mesmo que a mineração esteja contribuindo para a elevação, principalmente da dimensão econômica no município, no período de estudo, esse fato não é sustentável em longo prazo. Isso leva a mineração a ser considerada uma maldição para esse município, especialmente, em um futuro próximo.

Figura 15 – Localização da área urbana e de mineração em Itabira – MG.



Fonte: Google Earth, 2024.

Por outro lado, existem aqueles municípios que são dependentes da mineração, mas tem uma posição intermediária e baixa no ISSEP, são eles: Ouro Preto, Mariana, Congonhas, Brumadinho, Itabirito, Itatiaiuçu, Sabará e São Gonçalo do Rio Abaixo.

Os três primeiros têm na mineração o setor mais significativo, com arrecadações expressivas com a CFEM. Igualmente, como Itabira e Nova Lima, uma característica presente é o avanço da população ocupada no comércio e serviços frente a do setor mineral. No entanto, Ouro Preto, Mariana, Congonhas tem no setor turístico um contraponto à grande dependência da mineração. Contudo, mesmo com o avanço do setor turístico esses municípios foram considerados **Não Sustentáveis**.

Posteriormente, em relação a Brumadinho, esse município pagou um preço alto pela dependência da mineração em seu território, devido ao rompimento da barragem da Mina do Córrego do Feijão em 25/01/2019, o qual ceifou dezenas de vidas. Porém, como o município é subordinado à mineração, essa ainda exerce um papel decisivo. A arrecadação com a CFEM em 2018, antes do rompimento da barragem foi de R\$ 62.469.345,31, em 2019 de R\$ 72.625.996,35, um aumento de R\$ 10.156.651,04 e em 2022 o valor foi de R\$ 84.017.961,22 (ANM, 2018, 2019

e 2022). Assim, mesmo que algumas autoridades públicas e de proteção ambiental não desejassem a mineração em Brumadinho, a sua dependência não permitiria, fazendo com que o município seja classificado como **Não Sustentável**.

Itabirito aumentou de forma importante seus ganhos com a mineração, principalmente entre 2010 e 2022. Sobre a população ocupada no setor mineral, em 2010 o número era de 897 pessoas, passando para 3.027 em 2022. Já sua arrecadação com a CFEM em 2010 foi de R\$ 19.507.769,94, passando para R\$ 221.326.877,77 em 2022, sendo o valor mais alto dentre todos os municípios do QF em 2022. Ou seja, desde 2010 a mineração vem aumentando sua influência em Itabirito. Esse fato faz com que cada vez mais o município dependa da mineração, com isso o município foi classificado como **Não Sustentável**.

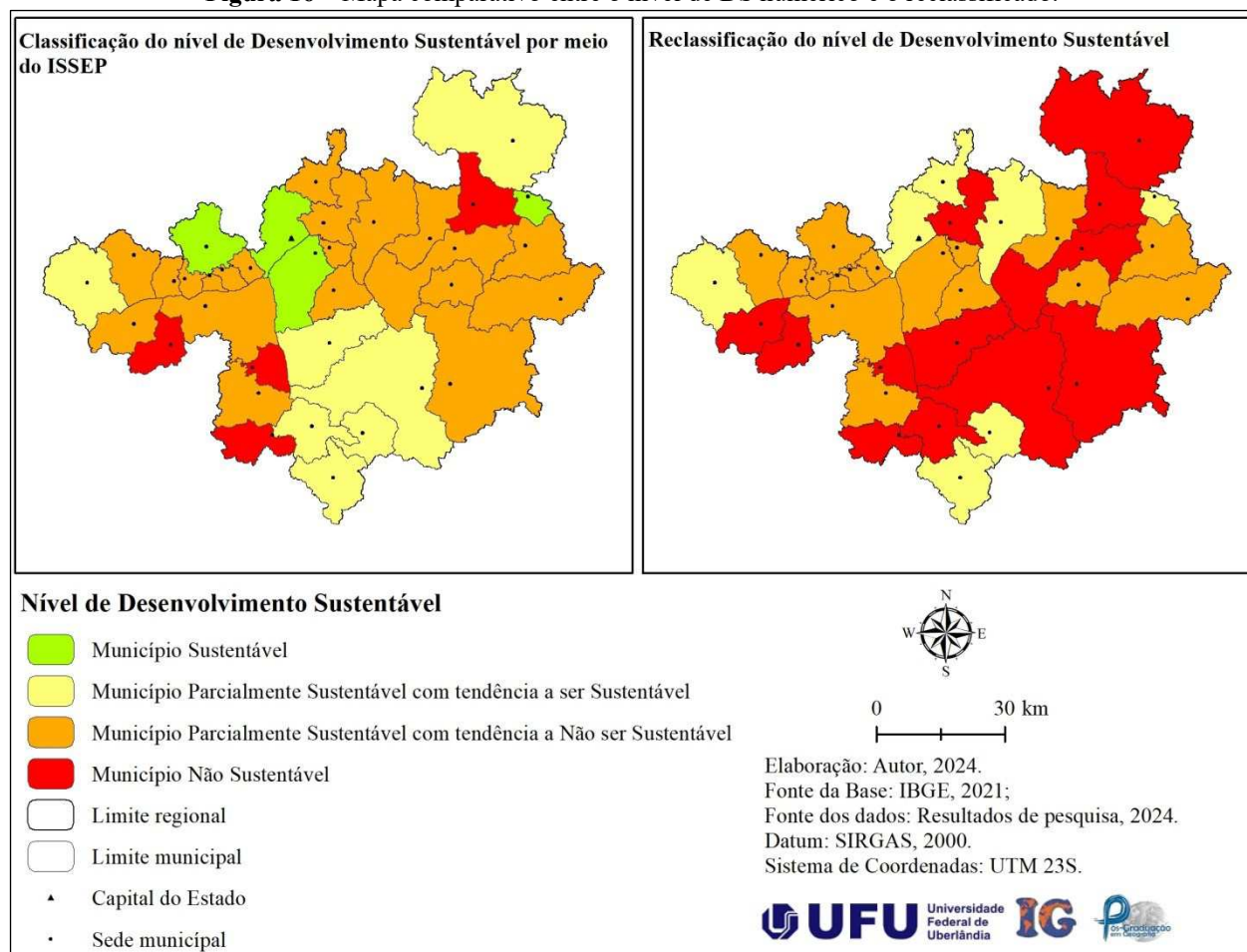
Itatiaiuçu e Sabará, assim como Nova Lima, fazem parte da RMBH e guardam uma relação importante com a mineração. Sabará é um município que tem na mineração o setor que contribuiu de forma significativa para seus ganhos, em 2004 o recebimento da CFEM foi de R\$ 2.654.325,99, em 2010 R\$ 4.513.016,81 e em 2022 R\$ 25.040.116,99. Entre 2000 e 2010 ocorreu um salto no que concerne à população ocupada no setor da mineração, passando de 232 pessoas em 2000, para 1.382 em 2010 e ainda para 1.840 em 2022. No mesmo período Itatiaiuçu também experimentou uma explosão de empregos relacionados à mineração, no qual em 1985 não havia nenhuma pessoa trabalhando na mineração, passando para 93 em 1991, 352 em 2000, tendo um aumento significativo em 2010 com 2.160 pessoas e 2.281 em 2022. Seus ganhos com a CFEM ultrapassaram os R\$ 80.000.000,00 em 2022 evidenciando assim sua dependência em relação à mineração, fazendo com que eles fossem classificados como **Não Sustentável**.

Por fim, tem-se o município de São Gonçalo do Rio Abaixo, que dentre os que são dependentes da mineração é o que tem a menor população. Sendo assim é de se pensar que essa renda advinda da mineração atue na melhoria das condições de vida da população, mas não é o que ocorre. A arrecadação do município em 2004 foi de R\$ 2.112.637,79, em 2010 de R\$ 33.565.952,24 em 2022 de R\$ 202.852.124,23. Contudo, em relação ao ISSEP São Gonçalo do Rio Abaixo figura em um nível baixo em todos os anos de estudo até 2010. No entanto, nos resultados de 2022 do ISSEP, São Gonçalo do Rio Abaixo obteve um salto, passando da 31ª posição em 2010, para 18ª em 2022, mesmo assim esse foi considerado como **Não Sustentável**.

Esses municípios dependem da mineração, devido a isso todos foram considerados Não Sustentáveis. Porém, caso utilize-se somente a classificação do nível de DS, levando em

consideração somente o modelo matemático-estatístico, por exemplo, Nova Lima seria considerado um município Sustentável (Figura 16). E ainda para alguns municípios, por exemplo, Itabira, Nova Lima, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabirito, os quais receberam um volume expressivo da CFEM, a atividade de extração mineral é ao mesmo tempo uma dádiva e uma maldição. Isso devido aos ganhos significativos e benefícios que esses municípios recebem, mas isso não é permanente em longo prazo. Como, por exemplo, o município de Itabira, na qual o crescimento da cidade se confunde com o crescimento da mineração. Esses fatos levam a mineração a ser considerada para esses municípios como uma maldição e tornando-os dentro das dimensões econômica, social e populacional do DS como não sustentáveis.

Figura 16 – Mapa comparativo entre o nível de DS numérico e o reclassificado.



Fonte: Autor, 2024.

Logo, a mineração é uma atividade que influencia os municípios da região do QF, mas essa dependência quando observada pelo viés do DS nas dimensões econômica, social e

populacional torna alguns municípios não sustentáveis. Isso se deve ao fato que a mineração é finita e a dependência financeira dessa atividade, em longo prazo, faz com que esses municípios não consigam se sustentar no futuro, ou seja, o objetivo principal do DS não será cumprido. Não obstante, mesmo que esse fato seja notório, alguns municípios veem a mineração como uma dádiva, mas, na verdade, ela é uma maldição.

4.6. Considerações Finais do capítulo

A mineração é uma atividade econômica que engendra ganhos significativos onde ela se instala, contudo em longo prazo a exploração mineral se transforma em uma maldição. Todavia, para os municípios mineradores essa atividade econômica é vista como uma dádiva, mas esse benefício não é sustentável no tempo levando essas unidades espaciais a não serem sustentáveis, do ponto de vista das dimensões econômica, social e populacional do DS. Porém, caso os ganhos sejam bem gerenciados pelos atores públicos / políticos, a atividade minerária pode passar de uma maldição para um trampolim para o futuro.

Os municípios que dependem parcialmente da mineração têm nos setores de comércio, serviços e indústria seus propulsores de desenvolvimento, principalmente econômico. Contudo, esse fato não isenta esses municípios de serem considerados não sustentáveis, pois alguns deles têm problemas graves especialmente na questão social. Isso afeta diretamente a qualidade de vida de sua população, uma vez que, ela pode engendrar outras problemáticas para o município. Esses municípios ainda têm uma oportunidade importante, transformar os benefícios da mineração em um trampolim para seu desenvolvimento, em especial o sustentável. Esses municípios, desde que sejam bem administrados na esfera pública, podem, por exemplo, investir na geração e diversificação de sua economia. Igualmente empregar parte dos ganhos na educação do município, pois dessa forma cumpriria em parte o objetivo do DS de pensar no futuro de sua população.

Os municípios que dependem da mineração foram todos classificados como não sustentáveis, pois têm ganhos econômicos significativos, devido à extração mineral, principalmente a CFEM. Isso faz com que eles não invistam em alternativas de substituição econômica e ambiental para a dependência da mineração. Porém, não se pode decretar que dentre os municípios que mais dependem da mineração no QF não possa, desde que possuam vontade,

em especial política, em buscar novas alternativas e transformá-la de uma maldição para uma dádiva / trampolim para um nível de DS aceitável.

Portanto, é notório que a região do QF tem na mineração uma fonte importante de ganhos econômicos para seus municípios. Assim, do ponto de vista das dimensões econômica, social e populacional do DS a maior parte dos municípios ainda têm questões a serem melhoradas para assim elevar a qualidade de vida de sua população, em especial, nas questões sociais. Contudo, a fim de obter uma análise abrangente da relação entre Mineração, Meio Ambiente e DS dos municípios da região do QF é necessário analisar de forma conjunta todas as dimensões do DS a Ambiental, a Espacial, a Econômica, a Social e a Populacional.

5. CAPÍTULO 4: A EVOLUÇÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A INFLUÊNCIA DA MINERAÇÃO NA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO / MG – BRASIL, ENTRE OS ANOS DE 1980 A 2022

O DS na sua relação com o Meio Ambiente e a Mineração é formado pela junção das suas dimensões clássicas acrescidas, nesta pesquisa, das dimensões espacial e populacional. A partir disso é possível indicar o nível de sustentabilidade de unidades espaciais, como os municípios que compõem a região do QF. Para isso é preciso unir os resultados das análises das dimensões ambiental e espacial, por meio da evolução do uso e ocupação do solo e das dimensões econômica, social e populacional por intermédio dos resultados do ISSEP. Além disso, é necessário observar empiricamente esses resultados para que não mascare a realidade da relação existente entre o DS, o Meio Ambiente e a Mineração.

5.1 Municípios Sustentáveis

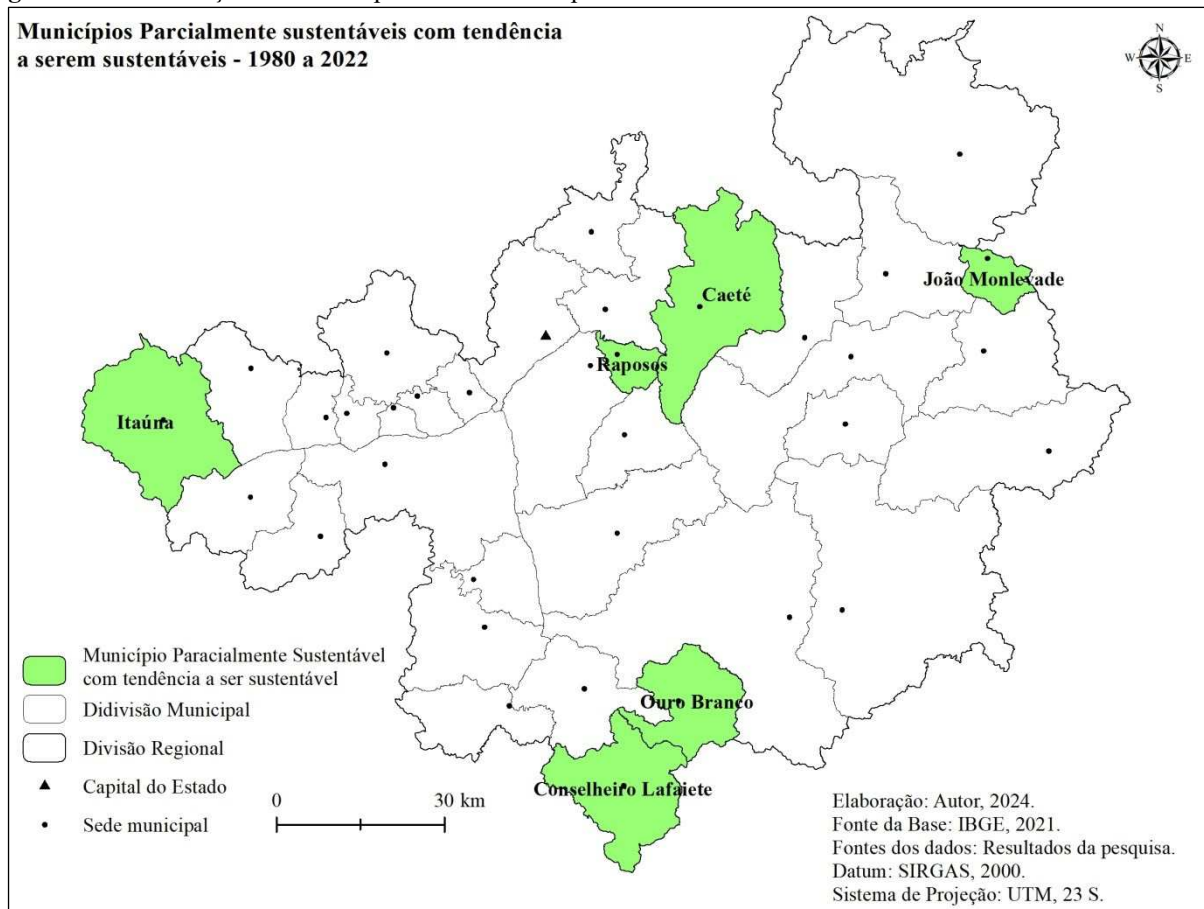
Em princípio é preciso relatar que nesta pesquisa nenhum dos 35 municípios que compõem a região do QF foi considerado sustentável, a partir da análise da evolução das dimensões do DS. Todavia, ocorreu que alguns municípios dentro da sistemática metodológica aplicada foram considerados sustentáveis, mas foram reclassificados, pois essa classificação inicial não refletia a realidade municipal. Essa reclassificação foi mais evidente quando se analisou os resultados das dimensões econômica, social e populacional, por meio da construção do ISSEP. Logo, os municípios da região do QF foram classificados nas outras três denominações, sendo seis considerados parcialmente sustentáveis com tendência a serem sustentáveis, 18 parcialmente sustentáveis com tendência a não serem sustentáveis e 11 não sustentáveis.

5.2 Municípios Parcialmente Sustentáveis com tendência a serem Sustentáveis

Os municípios que foram considerados Parcialmente Sustentáveis com tendência a serem Sustentáveis levando em consideração todas as dimensões do DS foram somente seis (Figura 17). Esses municípios mantêm uma relação parcial com a mineração, o que contribui para a tendência

de se tornarem sustentáveis. Com isso, esses estão mais próximos de transformar a mineração de uma maldição para um trampolim para seu DS.

Figura 17 – Localização dos municípios considerados parcialmente sustentáveis com tendência a serem sustentáveis.



Fonte: Resultados da pesquisa, 2024.

O primeiro município nesta seção é Caeté que está localizado próximo a capital do estado. Em relação às dimensões ambiental e espacial, como já mencionado, esse município foi considerado não sustentável de acordo com a metodologia empregada para essas duas dimensões do DS. Contudo, ao observar a evolução do GDUT da mineração entre 1985 a 1991, 1991 a 2000, 2000 a 2010 e 2010 a 2020 esse número vem decrescendo nesses períodos, denotando uma perda da importância da atividade minerária no município. Já em relação às dimensões econômica, social e populacional, Caeté em 1980 e 2000 foi considerado um município parcialmente sustentável com a tendência a se tornar sustentável, mas já em 1991, 2010 e 2022 ele foi considerado parcialmente sustentável com a tendência a se tornar não sustentável. Assim, esse município em todas as dimensões do DS pode ser considerado **Parcialmente Sustentável com**

tendência a ser Sustentável, isso devido à diminuição da sua dependência da mineração entre 1980 a 2022. Todavia, deve-se reafirmar o que foi dito anteriormente, que caso a mineração na Serra da Piedade avance no município todo esse cenário provavelmente mudará.

O segundo município é Conselheiro Lafaiete, o qual é importante no seu contexto microrregional. Assim, como Caeté, esse foi considerado não sustentável nas dimensões ambiental e espacial, mas nas dimensões econômica, social e populacional parcialmente sustentável com tendência a ser sustentável, em todos os períodos de estudo de 1980 a 2022. Igualmente, ao observar a evolução do seu GDUT, entre 1991 a 2000 e 2000 a 2010, os elementos naturais avançaram positivamente, enquanto os antrópicos de forma negativa. Além disso, em relação ao grau dinâmico da mineração, nesses períodos foi negativo. Com isso, mesmo que no último período a mineração avançou em Conselheiro Lafaiete, esse município pode ser considerado, englobando todas as dimensões do DS, como **Parcialmente Sustentável com tendência a ser Sustentável**, ao invés de sustentável, devido ao seu contexto de estar próximo de municípios mineradores como Ouro Preto, Congonhas e Mariana, como já afirmado anteriormente.

Seguindo temos o município de Itaúna, do mesmo modo que Conselheiro Lafaiete, foi considerado um município não sustentável do ponto de vista ambiental e espacial, mas quando se analisa a evolução do seu grau dinâmico da mineração é evidenciado que esse diminui de forma drástica, primeiramente entre os períodos de 1985 a 1991 e 1991 a 2000 e depois entre os períodos de 2000 a 2010 e 2010 a 2020. Além disso, nas dimensões econômica, social e populacional nos anos de 1991 e 2000 esse município foi considerado sustentável, já em 1980, 2010 e 2020 ele foi considerado parcialmente sustentável com tendência a ser sustentável. Por isso, como classificação final nas cinco dimensões Itaúna foi considerado **Parcialmente Sustentável com tendência a ser Sustentável**.

Em seguida tem-se o município de João Monlevade, o qual também foi considerado não sustentável nas dimensões ambiental e espacial. Entretanto, ao evidenciar a evolução do grau dinâmico dos elementos naturais nos dois últimos períodos, 2000 a 2010 e 2010 a 2020, esse foi positivo, dos elementos antrópicos negativos e o grau da mineração vem decrescendo ao longo de 1985 a 2020. Já nas dimensões econômica, social e populacional nos anos de 1980, 1991 e 2000 de acordo com a classificação numérica, o município foi considerado sustentável, mas em 2010 e 2022 e na reclassificação João Monlevade foi considerado parcialmente sustentável com

tendência a ser sustentável. Por meio disso, sua classificação final nas dimensões foi de ser **Parcialmente Sustentável com tendência a ser Sustentável**.

Outro município que é limítrofe a Conselheiro Lafaiete e está inserido no contexto regional de municípios fortes na mineração é Ouro Branco. Diferentemente dos municípios anteriores, esse nas dimensões ambiental e espacial foi considerado parcialmente sustentável com tendência a não ser sustentável, principalmente devido ao grau dinâmico dos elementos naturais em 1985 a 1991, 2000 a 2010 e 1985 a 2020 ser positivo e dos elementos antrópicos negativos. Além disso, na classificação numérica das dimensões econômica, social e populacional nos anos de 1991 e 2000, Ouro Branco foi considerado sustentável e nos demais períodos o município foi considerado parcialmente sustentável com tendência a ser sustentável. Assim, o município foi considerado **Parcialmente Sustentável com tendência a ser Sustentável** levando em consideração todas as dimensões do DS.

Por fim, tem-se o município de Raposos que já foi um município forte na mineração até o ano de 1998, quando se encerrou a atividade minerária em seu território. Sobre as dimensões ambiental e espacial é possível perceber, por meio da evolução do seu grau dinâmico dos elementos antrópicos que o município vem perdendo esse tipo de uso do solo entre 1985 a 2010 e aumentando os elementos naturais no mesmo período. Nas demais dimensões do DS em todos os períodos o município foi considerado parcialmente sustentável com tendência a não ser sustentável. A partir disso, levando em consideração todas as dimensões do DS o município foi considerado **Parcialmente Sustentável com tendência a ser Sustentável**.

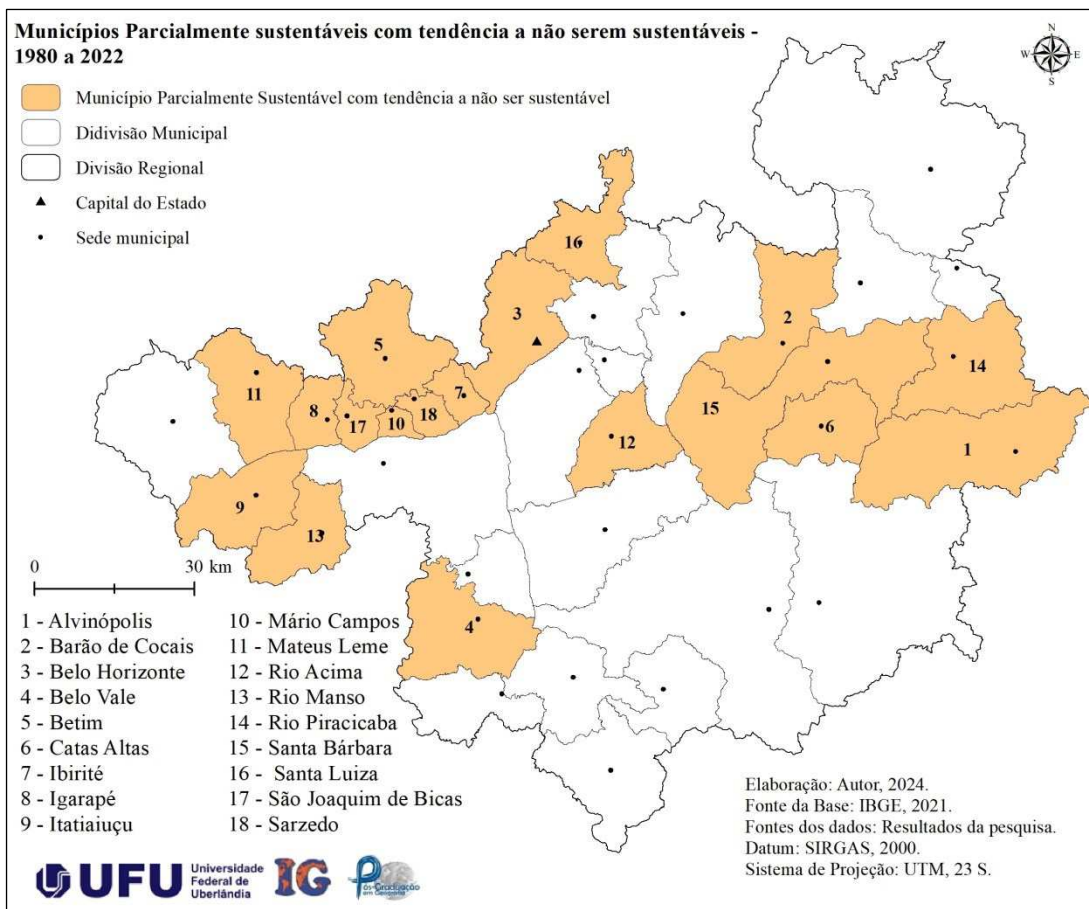
Portanto, todos esses municípios estão mais próximos de utilizar a mineração como um trampolim para o seu desenvolvimento. Uma vez que, quando um município mantém uma relação de dependência parcial com a atividade minerária, a possibilidade desses de utilizá-la como um trampolim para seu desenvolvimento, especialmente o sustentável, é maior, transformando assim a mineração de uma maldição para uma dádiva. Não obstante, a exceção é Raposos que já experimentou a dependência da mineração e agora tenta se erguer buscando alternativas para o seu desenvolvimento.

5.3 Municípios Parcialmente Sustentáveis com tendência a não serem Sustentáveis

Essa classificação quanto ao nível de DS dos municípios do QF é a que agrupa a maior parte dos municípios, no caso 18 (Figura 18). Esses municípios estão em um limiar que está mais próximo do não sustentável do que o sustentável, uma vez que, a tendência é de se tornarem dependentes da mineração, dentro do contexto regional. Além disso, existem aqueles que carecem de incentivos, principalmente na dimensão social e ambiental do DS. Com isso, em um primeiro momento a mineração pode ser uma dádiva, mas com o passar do tempo ela tende a se tornar uma maldição para esses municípios.

O único município que se mostrou sustentável em todas as dimensões do DS estudadas foi a capital do estado, Belo Horizonte. Isso se deve ao fato que esta metrópole obteve um grau dinâmico do uso da terra relacionado à mineração entre 1985 a 2020 - negativo e o seu ISSEP é o maior dentre todos os municípios. Contudo, mesmo com esses resultados a capital do estado de Minas Gerais ainda deve avançar para ser considerada sustentável. Devido a isso, como classificação final levando em consideração as cinco dimensões do DS, Belo Horizonte foi considerado um município **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**, uma vez que, nas dimensões ambiental e espacial ele foi considerado não sustentável e nas dimensões econômica, social e populacional Parcialmente Sustentável com tendência a ser sustentável. E ainda, do ponto de vista da sustentabilidade Belo Horizonte ainda tem um caminho a seguir, principalmente na questão hídrica (alagamentos e enchentes) e na social (desigualdade socioeconômica).

Figura 18 – Localização dos municípios considerados parcialmente sustentáveis com tendência a não serem sustentáveis.



Fonte: Resultados da pesquisa, 2024.

Outro município que figurou como Sustentável, mas dessa vez somente pela classificação realizada pelos resultados do ISSEP foi Betim. Assim, como Belo Horizonte, este município depende parcialmente da mineração. Entretanto, em relação às dimensões ambiental e espacial o município foi considerado não sustentável, pois a urbanização e a industrialização fizeram com que o grau dinâmico do solo dos elementos naturais em todos os períodos de estudo fosse negativo e dos elementos antrópicos fosse positivo. Todavia, do ponto de vista somente econômico, Betim pode ser considerado um município desenvolvido, mas ainda é necessário avançar na questão social. Com isso, esse município foi considerado, nesta classificação final como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**.

Dessa maneira, pode-se perceber uma divisão espacial em três grupos de municípios que foram considerados parcialmente sustentável com tendência a não ser sustentável. No primeiro grupo estão municípios que estão próximos à capital, que além de Betim tem-se: Ibirité, Igarapé,

Itatiaiuçu, Mário Campos, Mateus Leme, Rio Manso, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas e Sarzedo. O segundo grupo é composto por Alvinópolis, Barão de Cocais, Catas Altas, Rio Acima, Rio Piracicaba e Santa Bárbara, os quais estão localizados na porção centro-oeste da região. E ainda de forma isolada Belo Vale na porção sudoeste da região.

Os municípios que estão no primeiro agrupamento tem uma relação de proximidade e em alguns casos de dependência em relação à capital Belo Horizonte. Além disso, dos onze municípios que compõem esse grupo, 10 foram considerados parcialmente dependentes da mineração, ou seja, a mineração é coadjuvante na economia deles e somente Itatiaiuçu foi considerado um município dependente da mineração, de acordo com resultados das dimensões econômica, social e populacional. Todavia, é necessário alertar que, além de Itatiaiuçu, em alguns municípios a mineração vem ganhando espaço, em especial após o ano de 2020, principalmente na dimensão econômica do DS, é o caso de São Joaquim de Bicas, Mário Campos, Mateus Leme e Sarzedo. Esses municípios obtiveram um salto de arrecadação com a CFEM, particularmente no último período de análise, no caso em 2022. No que se refere aos seus graus dinâmicos de uso da terra, somente Itatiaiuçu e Rio Manso não foram considerados não sustentáveis, sendo classificados como parcialmente sustentável com tendência a não ser sustentável e parcialmente sustentável com tendência a ser sustentável, respectivamente. Esse fato faz com que, esses municípios possam, em um curto espaço de tempo, tornarem-se dependentes da mineração e não sustentáveis, no qual a única exceção é Rio Manso. Entretanto, no resultado final todos foram considerados **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**.

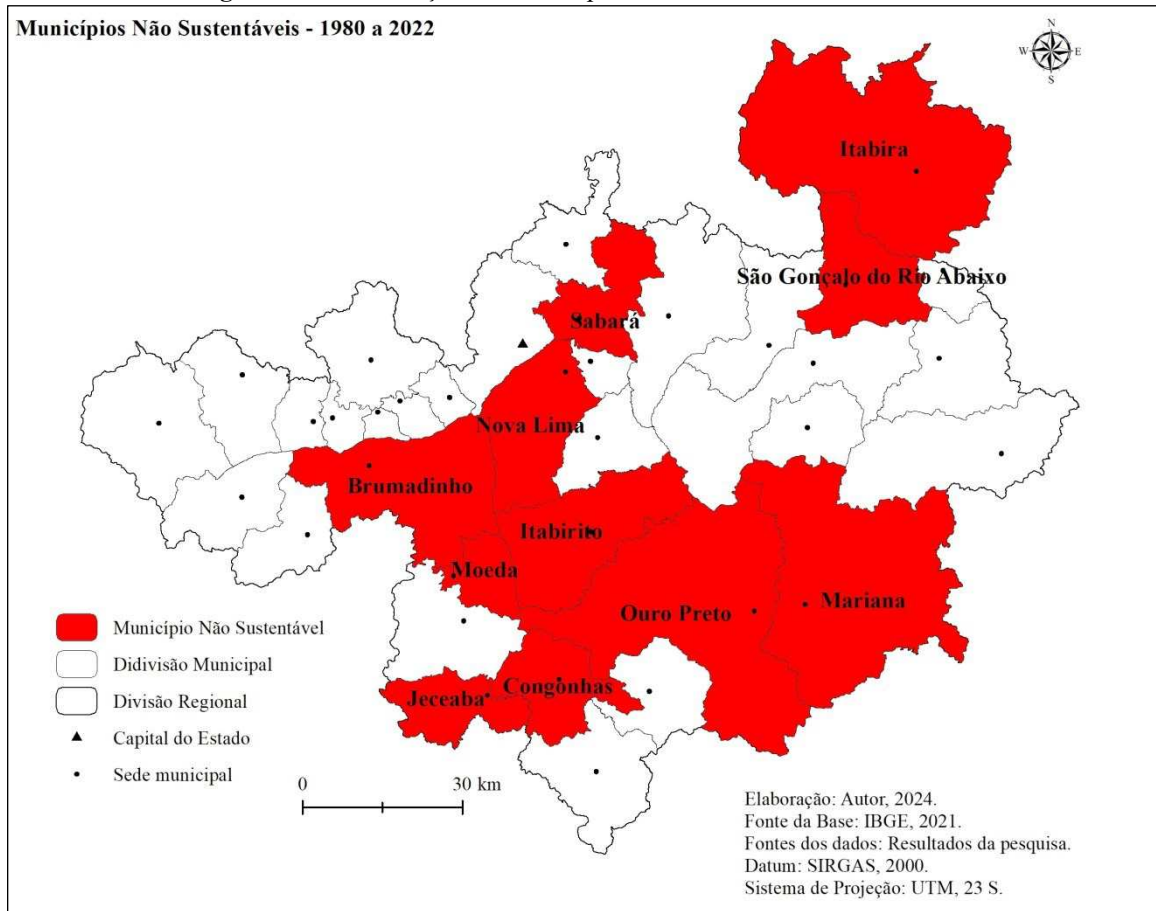
Já o segundo grupo é formado por municípios que estão localizados em uma porção da região, a qual é importante para a mineração. Sobre a evolução das dimensões ambiental e espacial, todos foram considerados não sustentáveis, exceto Alvinópolis que foi classificado como parcialmente sustentável com tendência a ser sustentável e Rio Piracicaba que foi agrupado como parcialmente sustentável com tendência a não ser sustentável. Esses dois municípios se diferenciaram devido, até 2020, à não existência de mineração em Alvinópolis e o grau dinâmico dos elementos naturais foi positivo e dos antrópicos negativos em Rio Piracicaba. Já em relação às dimensões econômica, social e populacional todos esses municípios e em todos os períodos de classificação foram considerados parcialmente sustentável com tendência a não serem sustentáveis. Diante disso esses municípios foram considerados **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**.

Por último tem-se o município de Belo Vale, que nessa classificação está isolado na porção sudoeste da região do QF. No seu entorno estão municípios que têm na mineração a sua principal atividade econômica, isso faz com que esse município tenha uma relação de parcialidade com a mineração. Apesar de obter graus dinâmicos dos elementos naturais positivos entre 1991 e 2000, 2000 e 2010 e 2010 – 2020 e antrópicos negativos, em todos os períodos o grau da mineração se manteve positivo. E ainda em relação à evolução das dimensões econômica, social e populacional, nos anos de 1991 e 2010 o município foi considerado não sustentável. Assim, Belo Vale foi considerado, como resultado final, como **Parcialmente Sustentável com tendência a não ser sustentável**.

Portanto, esses municípios considerados parcialmente sustentáveis, mas com tendência a não serem sustentáveis estão seguindo um caminho que os levará a uma dependência em relação à mineração. Com isso, o sentido que estão tomando é da mineração se tornar uma maldição, uma vez que, ainda não utilizam os benefícios dessa atividade econômica como um suporte para o seu desenvolvimento, principalmente o sustentável. Assim, caso a governança desses municípios não se dedique a criar um ambiente onde a mineração não seja a protagonista, e em alguns casos que o foco seja a dimensão ambiental e a dimensão social, eles em um curto espaço de tempo se tornarão não sustentáveis.

5.4 Municípios Não Sustentáveis

Os municípios que nesta pesquisa foram considerados não sustentáveis foram 11 (Figura 19) e podem ser divididos em dois blocos. O primeiro diz respeito aos municípios que dependem parcialmente da mineração, mas que ao analisar a evolução de todas as dimensões do DS foram considerados não sustentáveis. O segundo são aqueles que são dependentes da mineração há mais tempo dentro da região do QF.

Figura 19 – Localização dos municípios considerados não sustentáveis.

Fonte: Resultados da pesquisa, 2024.

Dentro do primeiro bloco de municípios considerados não sustentáveis estão Jeceaba e Moeda. Jeceaba é um município que nos períodos de 2000 a 2010 e 2010 a 2020 obteve graus dinâmicos positivos dos elementos naturais e negativos dos antrópicos, contudo, mesmo esses valores a dinâmica entre 1985 a 2020 foi contrária, de negativo para as ocupações naturais e positivas para as antrópicas. Do mesmo modo, os usos do solo para mineração foram percebidos somente entre o período de 2010 a 2020, mas chegou a um valor de grau dinâmico da mineração expressivo ($GDTU = 10$). Já em relação às dimensões econômica, social e populacional Jeceaba figurou nas últimas posições de 1980 a 2010, passando para a 23ª posição somente em 2022. Já o município de Moeda, diferente de Jeceaba, foi percebido em três períodos, 1991 a 2000, 2000 a 2010 e 2010 a 2020 que os elementos naturais obtiveram um grau dinâmico positivo e os antrópicos negativos. Todavia, mesmo com esses resultados entre 1985 a 2020 ocorreu o mesmo que em Jeceaba. Já em relação ao grau dinâmico da mineração, esse foi percebido positivo em

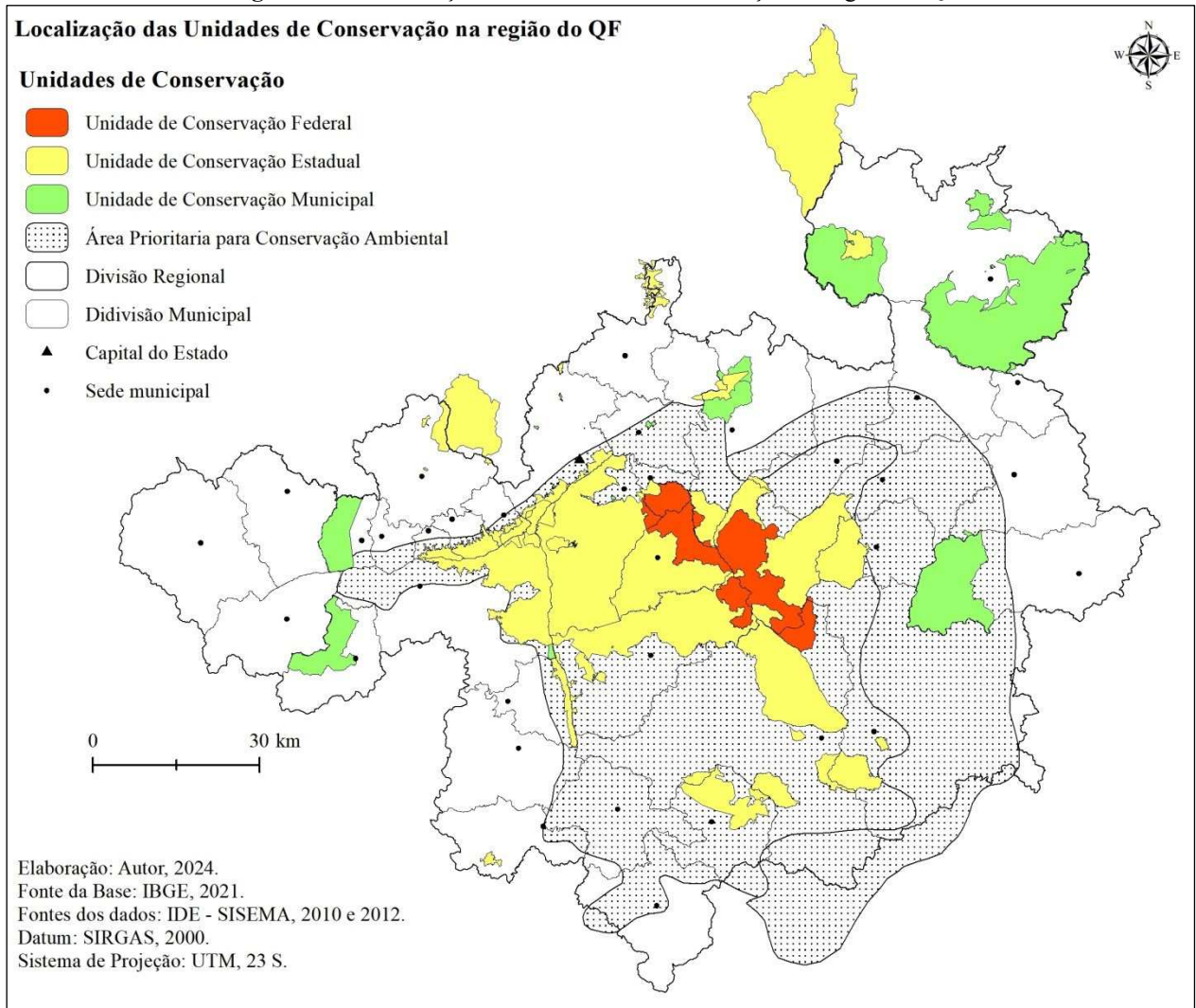
2000 a 2010 e 2010 a 2020. Por fim, assim como em Jeceaba, Moeda sempre figurou nas últimas posições de acordo com o ISSEP. Logo, devido a isso os dois municípios foram considerados **Não Sustentáveis**, mas não necessariamente devido a sua dependência parcial da mineração, nos quais os entes governamentais devem se preocupar com questões relacionadas à dimensão social do DS.

O segundo bloco é formado pelos nove municípios mais proeminentes na extração mineral e recebimento de valores via CFEM na região do QF. Em todos esses municípios o grau dinâmico da mineração é positivo em todos os períodos de estudo. São eles: Brumadinho, Congonhas, Itabira, Itabirito, Mariana, Nova Lima, Ouro Preto, Sabará e São Gonçalo do Rio Abaixo.

Não obstante, dentro das dimensões ambiental e espacial, os municípios de Mariana e Ouro Preto foram classificados como parcialmente sustentáveis com tendência a não serem sustentáveis. Isso se deve ao fato que eles foram os únicos que entre 1985 e 2020 obtiveram um grau dinâmico dos elementos naturais - positivo e do antrópico negativo, isto é, ocorreu um aumento das ocupações naturais frente às antrópicas. Uma tentativa de explicação dos resultados obtivos é a existência, em Ouro Preto, da unidade de conservação Floresta Estadual do Uaimii, parte do Monumento Natural de Itatiaia, parte do Parque Estadual do Itacolomi, o Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas e parte do Parque Nacional da Serra do Gandarela. Já em Mariana estão parte do Parque Estadual do Itacolomi e a Área de Proteção Ambiental Municipal Carvalho de Pedra (Figura 20). Igualmente, em relação às dimensões econômica, social e populacional Mariana foi considerada novamente parcialmente sustentável com tendência a não ser sustentável e Ouro Preto parcialmente sustentável com tendência a ser sustentável. Entretanto, devido ao seu alto grau de dependência da mineração eles foram considerados **Não Sustentáveis**, aspecto esse que foi considerado também como resultado final.

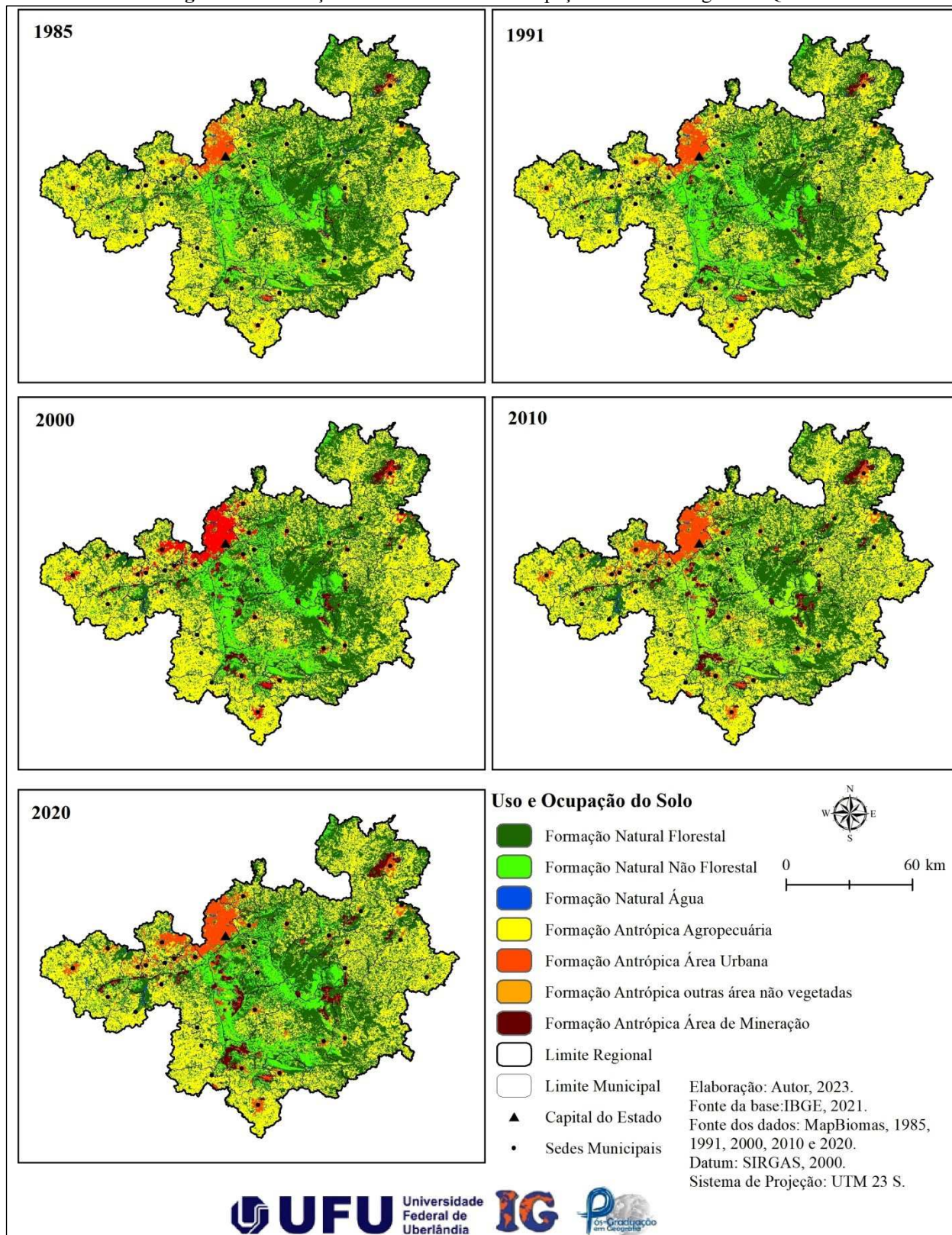
Os demais municípios todos foram considerados, tanto nas dimensões ambiental e espacial, quanto nas dimensões econômica, social e populacional como não sustentáveis. A região onde estão localizados esses municípios, ao observar a evolução do uso e ocupação do solo das formações minerais é perceptível um aumento desse tipo de ocupação (Figura 21). São eles que mais recebem valores da CFEM, como já explicado no capítulo anterior.

Figura 20 – Localização das Unidades de Conservação na região do QF.



Fonte: IDE – SISEMA, 2010 e 2012.

Figura 21 - Evolução das classes de uso e ocupação do solo na região do QF.



Fonte: MapBiomias, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Por fim, é necessário colocar que a mineração para alguns desses municípios pode ser considerada, no período temporal de estudo desta pesquisa, como uma dádiva, pois esses estão em uma boa posição dentro da hierarquia do ISSEP em todos os anos de estudo. Contudo, não se observa outro setor que alcance a importância que a atividade minerária exerce sobre todos os setores desses municípios. Portanto, mesmo que em alguns municípios sejam observadas melhoras da condição de vida da população, devido aos valores recebidos da mineração, ao inserir a questão do DS, essa melhora não se consolidará no futuro, uma vez que, a extração mineral é finita. Ainda assim, caso a governança pública e política desses municípios consiga perceber que a mineração, hoje, na verdade é uma maldição, ao invés de uma dádiva, ainda existe a esperança de que esse infortúnio se transforme em um trampolim para um futuro sustentável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

A relação existente entre a mineração, o meio ambiente e o DS é conflituosa, atuando de forma significativa no nível de sustentabilidade de unidades espaciais e nas dimensões econômica, social, ambiental, acrescidas das dimensões espacial e populacional. Esse fato se materializa do ponto de vista ambiental e espacial, por meio da evolução do uso e ocupação do solo e do ponto de vista econômico, social e populacional com a evolução do desenvolvimento socioeconômico-populacional. Esse é o cenário que é percebido nos municípios do objeto empírico desta pesquisa, os 35 municípios da região do QF.

Desse modo, ao discutir os temas Mineração, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, de um lado a mineração é considerada uma dádiva, pois proporciona o aumento das receitas econômicas, que podem ser utilizadas para o desenvolvimento municipal, regional e estadual, ou seja, um trampolim para sua evolução e de sua população. Do outro lado, a mineração é tratada como uma maldição, materializada na forma de uma doença econômica que impede que exista uma diversificação econômica nos municípios e conseqüentemente esses se tornem dependentes da atividade minerária.

Assim, ao analisar a influência da mineração nas dimensões ambiental e espacial nos municípios da região do QF a maior parte dos municípios foram considerados Não Sustentáveis. Isso se deve ao fato que nesses municípios, no período de tempo estudado, houve um avanço dos elementos antrópicos, em especial a mineração e as áreas urbanas, e uma diminuição dos elementos naturais. Nesse contexto, a mineração é vista como uma maldição com maior intensidade, por meio das dimensões ambiental e espacial, a partir da evolução do uso e ocupação. Isso devido à atividade minerária fomentar de forma indireta e significativa a perda de elementos naturais nos municípios.

Já ao analisar a influência da mineração nas dimensões econômica, social e populacional diferentemente do que ocorreu nas dimensões ambiental e espacial, a maior parte dos municípios foi considerada Parcialmente Sustentáveis com tendência a não serem Sustentáveis. Por essa razão, nas dimensões econômica, social e populacional, a mineração é tida com uma dádiva para os municípios que são dependentes da mineração, pois, dentro da escala temporal analisada, a atividade minerária não causa uma piora na evolução do ISSEP, para alguns municípios.

Desse modo, se pode afirmar que a mineração, vista como uma maldição ou uma doença, por exemplo, a Doença Holandesa, somente é perceptível quando existe uma diminuição dos ganhos econômicos com essa atividade, mas dessa forma, para o DS pode ser um caminho sem volta no futuro.

Com isso, ao classificar os municípios da região do QF pelo seu nível de DS, por meio das cinco dimensões de análise do DS, é possível ponderar algumas questões. Os municípios que foram considerados parcialmente dependentes da mineração, alguns sendo considerados parcialmente sustentáveis com tendência a serem sustentáveis e outros parcialmente sustentáveis com tendência a não serem sustentáveis, têm uma maior porcentagem de chance de se tornarem sustentáveis, do que os considerados dependentes da mineração. Isso devido à possibilidade da governança destes municípios de utilizarem os recursos da atividade minerária como um trampolim para o desenvolvimento.

E ainda dentro da escala temporal escolhida, para os municípios que foram considerados dependentes da mineração e não sustentáveis, em um primeiro momento, essa atividade é considerada uma dívida. Uma vez que, tem bons resultados, especialmente no ISSEP. Contudo, para estes municípios, a verdade é que no futuro ela será uma maldição, uma vez que, seus recursos não foram usados como um trampolim para o desenvolvimento. Portanto, o principal objetivo do DS não está sendo cumprido nesses municípios, tornando-os Não Sustentáveis.

Nessa esteira, pode-se afirmar que a hipótese levantada nesta pesquisa se mostrou admissível. Uma vez que, quando se analisou as dimensões ambiental e espacial do DS essa atividade se mostrou ser uma maldição para seus municípios. E quando analisadas as dimensões econômica, social e populacional, especialmente quando não se reclassificou os municípios, em grande parte dos municípios a mineração pode ser considerada uma dívida. Todavia, levando em consideração todas as dimensões do DS, o resultado final foi que a mineração, dentro do objetivo do DS, foi considerada uma maldição para os municípios da região do QF. Contudo, a pesquisa apresentou algumas dificuldades.

Mesmo cumprindo os objetivos traçados e comprovando a hipótese levantada, à pesquisa obteve dificuldades na sua realização. A principal delas é em relação às dimensões econômica, social e populacional, em especial, devido à quantidade e qualidade dos indicadores, as lacunas de disponibilidade temporal e a indisponibilidade no nível municipal dos indicadores, limitou as análises. Todavia, não inviabilizou, mas foi necessária uma reclassificação de alguns municípios, pois os métodos matemáticos utilizados somente responderam em parte às questões da relação, ambiente, mineração e DS.

Além disso, é possível também pontar a contribuição desta pesquisa para a ciência geográfica. Devido ao momento em que a Geografia, em especial no Brasil, vive de cada vez mais um distanciamento entre os estudos da Geografia Física (Geografia da Natureza) e da Geografia Humana (Geografia da Sociedade), é fundamental existir trabalho que tentem unir essas duas ramificações. E a partir disso, proporcionar um crescimento de que se pode chamar de uma Geografia Plural ou Pluralista.

Não obstante, podem-se pontuar potenciais pesquisas futuras. Uma delas é replicar a parte metodológica em outra região no Brasil e do mundo, por exemplo, a região de Carajás no estado do Pará. Outra é analisar os dados tendo como unidade espacial a região do QF, como um todo. Igualmente, comparar a evolução das dimensões do DS entre municípios da região do QF com outra região cujos municípios não sejam dependentes da mineração. E ainda verificar, onde ocorreram as principais mudanças no uso e ocupação do solo, por meio da matriz de transição.

Por fim, a dependência a que os municípios do QF estão submetidos é motivo de preocupação para a região. Isso se deve a falsa impressão de dívida que a mineração passa para os governantes dessas unidades espaciais. Então, cabe aos atores sociais, públicos e até econômicos, buscarem nas instâncias decisórias meios para que os ganhos advindos da extração mineral possam atuar no desenvolvimento, em especial, o sustentável dos municípios da região do QF.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, A. Extractivism and neoextractivism: two sides of the same curse. *In*: LANG, M; MOKRANI, D (org.). **Beyond Development: Alternative visions from Latin America**. 1. ed. Quito - Equador: Fundación Rosa Luxemburg, p. 61 – 86, 2013. Disponível em: <https://www.tni.org/files/download/beyonddevelopment_complete.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. **Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM**. Brasília, 2004, 2010, 2018, 2019 e 2022. Disponível em: <https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/arrecadacao_cfem.aspx>. Acesso em: 23, maio. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM. **Glossário Geológico**. Recife - PE, 2023. Disponível em: <<https://www.dnpm-pe.gov.br/Geologia/Mineracao.php>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. **Maiores Arrecadadores CFEM**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/relatorios/cfem/maiores_arrecadadores.aspx>. Acesso em: 23, maio. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM. **Sistema de Informação Geográfica da Mineração – SIGMINE -2022**. Disponível em: <<https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

AGUIAR, R. L de. Influência de condicionantes sociodemográficas, socioeconômicas e urbanísticas sobre os impactos da COVID-19 em Mato Grosso, Brasil. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 19, p. 1 – 18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia1965686>. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/download/65686/36064/312936>>. Acesso em: 06 out. 2023.

AKINRULI, S. A; COSTA, P. T. Contextos e conflitos da mineração no Quadrilátero Ferrífero-Aquífero: o geoprocessamento do patrimônio cultural. *In: Centro de Estudos Mineiros (CEM) - Fafich/UFMG. (Org.). Anais do XII Seminário de Estudos Mineiros: Mineração, Cidadania e História / Inconfidência – 230 anos*. Belo Horizonte: UFMG, 2020. p. 1 - 23. Disponível em: <https://diamantina.cedeplar.ufmg.br/portal/download/diamantina-2019/D18_495.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.

ALAMINOL. R. C. J; VERDE, R. B. R. V; FERNANDES, F. R. C. O peso da mineração na região Sudeste. *In: FERNANDES, F. R. C.(org.); ALAMINO, R. C. J. (Ed.); ARAUJO, E. R. (Ed.). Recursos minerais e comunidades: impactos humanos, socioambientais e econômicos*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014, p. 236 - 348. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1729/1/Livro_Recursos_Minerais_E_Comunidade_e_FormatoA4_em14_outubro_2014.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2023.

ALMEIDA, F. F. M. de. O Quadrilátero Ferrífero e a sua evolução geológica. *In: ALMEIDA, F. F. M. de (Ed.). Geologia do Brasil*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1977.

ALVARES, C.A; STAPE, J.L; SENTELHAS, P.C; GONÇALVES, J.L.M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-

728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: <http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10520: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6024: Informação e documentação - Numeração progressiva das seções de um documento - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6027: Informação e documentação – Sumário - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6023: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6028: Informação e documentação – Sumário - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASR, E. T; KAKAIE, R; ATAEI, M; MOHAMMADI, R. T. M. A review of studies on sustainable development in mining life cycle. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 213-231, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.029>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.029>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619315458>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

AZEVEDO, U. R. Geoparques e a Musealização do Território: um estudo sobre o Quadrilátero Ferrífero. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. São Paulo. v. 5, 2009, p. 35 – 46. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v5i0p35-46>. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gusppe/article/view/45389>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

AZEVEDO, U. R do; MACHADO, M. M. M; CASTRO, P. T. A; RENGER, F. E; TREVISIO, A; BEATO, D. A. C. Geopark Quadrilátero Ferrífero – proposta. **Geoparques do Brasil**. Belo Horizonte. v. 1, 2012, p. 185 – 220. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17149/1/quadrilatero.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2021.

BERNAUER, Warren. The limits to extraction: mining and colonialism in Nunavut - Canada. **Canadian Journal of Development Studies**. Vancouver - Canadá, v. 40, n. 3, p. 404 - 422, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/02255189.2019.1629883>. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02255189.2019.1629883>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

BOGDANOV, Alexander. **Essays in Tektology**: The general Science of organization. Tradução: George Gorelik. Seaside - California: Ed. Intersystems Publications, 1984, 265 p.

BOITRAGO, W. E. A; ALMEIDA, M. I. S de. Mudanças Ambientais em decorrência da extração mineral na região Serra Velho / município de Montes Claros - MG. In: Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia - ENANPEGE, 14., 2021. **Anais eletrônicos**. João Pessoa - PB, 2021, p. 1 - 15. Disponível em:

<https://editorarealize.com.br/editora/anais/enanpege/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV154_MD1_SA124_ID110922092021142934.pdf>. Acesso em: 25, out. 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.

Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 16 maio. 2023.

BRASIL. Lei Federal nº 8.001 de 13 de março de 1990. **Define os percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18001.htm>. Acesso em: 16 maio. 2023.

BRESSER-PEREIRA, L. C.; MARCONI, N. Existe “Doença Holandesa” no Brasil? In: BRESSER-PEREIRA, L. C (org.). **Doença Holandesa e Indústria**. São Paulo: Ed: FGV, 2010, p. 207 - 230. Disponível em:

<<https://bresserpereira.org.br/papers/2008/08.14.Existe.doen%C3%A7a.holandesa.comNelson.Marconi.5.4.08.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2023.

CASTRO, P. T. A; NALINI JÚNIOR, H. A; LIMA, H. M de. **Entendendo a mineração no Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte: Ed. Ecológico, 2011, 99 p. Disponível em:

<https://qfe2050.ufop.br/sites/default/files/qfe2050/files/quadrilatero_ferrifero.pdf?m=1525724467>. Acesso em: 05 maio. 2021.

COELHO, Tádzio Peters. Mineração e dependência no quadrilátero ferrífero. **Revista Intratextos**. Rio de Janeiro. nº 03, p. 128 -146, 2012. DOI:

<https://doi.org/10.12957/intratextos.2012.3140>. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/intratextos/article/view/3140/2245>>. Acesso em: 30 jul. 2021.

COLE, M.J; BROADHURST, J. L. Sustainable Development in Mining Communities: The Case of South Africa's West Wits Goldfield. **Frontiers in Sustainable Cities**. Cidade do Cabo - África do Sul, v. 4, 2022, p. 1 - 15. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.895760>. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsc.2022.895760/full?utm_source=Email_to_authors&utm_medium=Email&utm_content=T1_11.5e1_author&utm_campaign=Email_publication&field=&journalName=Frontiers_in_Sustainable_Cities&id=895760>. Acesso em: 13 ago. 2023.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. CAPES.

Portal de Periódicos CAPES. 2023. Disponível em: <<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?>>. Acesso em: 08 ago. 2023.

CUNHA, V. M da. Novas dependências e Neoextrativismo em tempos de Pandemia: produção humana na crise ambiental, desenvolvimento e autoritarismo. In: Congresso de História Econômica: Economia de guerra: geopolítica em tempos de pandemia e crise sistêmica. XI., 2020, São Paulo - SP. **Anais eletrônicos**. São Paulo, 2020, p. 675 - 684. Disponível em:

<<https://congressohistoriaeconomica.fflch.usp.br/sites/congressohistoriaeconomica.fflch.usp.br/files/publicacoes/XI-congresso-2020-anais-eletronicos-Vinicius-Moraes-da-Cunha.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

CURI, L. F. **Plano Diretor de Nova Lima**: uma abordagem frente aos principais processos de uso e ocupação do solo no contexto do planejamento urbano brasileiro. 251 f. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2019. Disponível em:

<<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31028>>. Acesso em: 25 out. 2022.

DORR, J. V. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Washington: **U.S. Government Printing Office**, 1969. DOI: <https://doi.org/10.3133/pp641A>. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/pp/0641a/report.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

DOXIADIS, C. A. Ekistics, the Science of Human Settlements. **From Science**. v. 170, nº. 3.956, [s.l], p. 393 – 40, 1970. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.170.3956.393>. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.170.3956.393>. Disponível em: <https://www.doxiadis.org/Downloads/ekistics_the_science_of_human_settlements.pdf>. Acesso em 15 mar. 2023.

DREW, David. **Processos Interativos Homem – Ambiente**. 1ª ed. Ed. Difel. Tradução João Alves dos Santos. São Paulo, 1986, 206 p.

DEKA, S; SINGHA, L. B; TRIPATHI, O. P. Implications of Land Use Dynamics on Ecosystem Service Value: A Case Study from Goalpara District of Assam, Northeast India. **International Journal of Plant and Environment**, v. 5, nº. 4. Arunachal Pradesh, INDIA, 2019, p. 270 – 277. DOI: <https://doi.org/10.18811/ijpen.v5i04.7>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/340607629_Land_Use_Dynamics_on_Ecosystem_Service_Value_Implications_of_Land_Use_Dynamics_on_Ecosystem_Service_Value_A_Case_Study_from_Goalpara_District_of_Assam_Northeast_India>. Acesso em: 02 maio. 2022.

DULLEY, Richard Domingues. Noções de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo, v. 51, n. 2, p. 15-26, 2004. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/asp-2-04-2.pdf>>. Acesso em: 25 Jan. 2022.

EL-HAMID, H. T; YONGTING, W. C. Z. Geospatial analysis of land use driving force in coal mining area: case study in Ningdong, China. **GeoJournal**, Egypt - China, v. 86, p. 605 a 620, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10078-2>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10708-019-10078-2>>. Acesso em: 06 out. 2023.

ENRÍQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva. **Maldição ou dádiva?: os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira.** 2007. 449 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **Arcgis Desktop 10.6.1.** 2018. Disponível em: <<https://www.esri.com/en-us/home>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes. **Mineração e meio ambiente do Brasil.** In: Relatório para o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento (PNUD). Brasília, 2002, 42 p. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao_e_meio_ambiente_no_brasil_1022.pdf/e86e431e-1a03-48d0-9a6e-98655ea257b6?version=1.0>. Acesso em: 03 mar. 2022.

FILHO, A. C.; CURTI, N, SHINZATO, E. Relações solo paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. **Revista de Pesquisas Agropecuária Brasileira.** Brasília. v. 45, nº 8, 2010 p. 903 – 916. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/WvR5dG3Pjpyw9sCYjzqm8rs/?lang=pt#:~:text=O%20Quadril%C3%A1tero%20Ferr%C3%ADfero%2C%20que%20abrange,sua%20riqueza%20em%20recursos%20minerais>>. Acesso em: 01 jun. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991, 101 p.

GOOGLE. **Google Acadêmico.** Disponível em: <https://scholar.google.com.br/schhp?hl=pt-BR&as_sdt=0,5>. Acesso em: 17 maio. 2021.

GOOGLE. **Google Earth.** Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 29 maio. 2024.

GOOGLE. Google Earth Engine - Meet Earth Engine. 2008. Disponível em: <<https://earthengine.google.com/>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

GUDYNAS, E. Transitions to post-extractivism: directions, options, areas of action. In: LANG, M; MOKRANI, D (org.). **Beyond Development: Alternative visions from Latin America.** 1. ed. Quito - Equador: Fundación Rosa Luxemburg, 2013, p. 165 - 188. Disponível em: <https://www.tni.org/files/download/beyonddevelopment_complete.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2023.

HASSEN, Y. A. **The Impacts of Mining on Arctic Environment and Society from Corporate Social Responsibility and Sustainable Development Perspectives.** 109 f. Master's thesis - Environmental Management and Physical Planning, Stockholm University, Estocolmo – Suécia, 2016. Disponível em: <<https://su.diva-portal.org/smash/get/diva2:930657/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Geociências.** Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 25, mar. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Brasília, 1980, 1991, 2000 e 2010. Disponível em:

<<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em: 01 jun. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS – IPEA. **IPEAdata**. Brasília, 1980, 1996, 2000, 2010 e 2019. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>.

Acesso em: 01 jun. 2022.

JENK, G. F. The data model concept statistical mapping. **International Yearbook of Cartography**. v. 7, Gutersloh, 1967, p. 186 - 190.

KLOETZEL, Kurt. **O que é meio ambiente**. São Paulo: Ed. Brasiliense, 2017, 92 p.

KUKUSHKIN, Sergey; KALENOV, Oleg; KAMANINA, Raisa. Socio-Economic Indicators of Mining Regions Development. **E3S Web of Conferences**. Kemerovo – Federação Russa, v. 278, n. 03033, p. 1 – 8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127803033>. Disponível em:

<https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/54/e3sconf_sdemr2021_03033.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2022.

LIMA, J. M. F. de .; FIALHO, C. F. .; SANTANA, M. I. T. .; SOALHEIRO, M. M. E se a barragem romper? O extrativismo e os “efeitos derrame de risco” no Município de Raposos - MG. **Revista de Ciências do Estado**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 1–29, 2020. DOI: 10.35699/2525-8036.2020.16073. Disponível em:

<<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revice/article/view/e16073>>. Acesso em: 17 maio. 2024.

MACEDO, S. V; FERREIRA, M. A. M; VALADARES, J. P; MIRANDA, M. S; MENDES, W. A. Realidade ou Mito: a influência dos Royalties da mineração no Desenvolvimento local. *In*: Encontro Brasileiro de Administração Pública, 8, 2021, Brasília. **Anais**. Brasília: Sociedade Brasileira de Administração Pública, 2021, 1 - 16 p. Disponível em:

<<https://sbap.org.br/ebap/index.php/home/article/view/59/54>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MANCINI, L; SALA, S. Social impact assessment in the mining sector: Review and comparison of indicators frameworks. **Resources Policy**. Amsterdã, Holanda, v. 57, p. 98 – 111, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.002>. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420717301484>>. Acesso em: 06 mar 2023.

MARTINS, M. F; CÂNDIDO, G. A. Índice de Desenvolvimento Sustentável para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. São Paulo, v. 6, n. 1, p. 03 - 19, jan./abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v6i1.229>. Disponível em: <<https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/view/229>>. Acesso em: 01 ago. 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano nacional de mineração 2030. Brasília: MME, 2010, 178 p. Disponível em:

<https://antigo.mme.gov.br/documents/36108/469987/PNM_2030.pdf/c1c58bf5-d32b-00be-5b70-8bf73e4923ad>. Acesso em: 07 jul. 2023.

NILSSON, Bo. Ideology, environment and forced relocation: Kiruna - a town on the move. **Estudos Urbanos e Regionais Europeus**, [S. l.] v. 17, n. 4, p. 433 - 442, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1177/0969776410369045>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0969776410369045>>. Acesso em: 17 ago. 2023.

OLIVEIRA, Manoel Carlos de. Discussões sobre o conceito de Meio Ambiente. **Revista IG**. São Paulo, v. 3, n°. 02, p. 53 – 60, 1982. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/95f5/6ce6c375992ae8753e1f5e88c87487c8e803.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

PATTEN, B. C. Abordagem de sistemas ao conceito de Meio Ambiente. **The Ohio Journal of Science**, Columbus – Ohio – EUA, v. 78, n°.74, p. 206 - 222, 1978. Disponível em: <https://kb.osu.edu/handle/1811/22549>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

PESSOA, G. V. **Avaliação de projetos de mineração utilizando a teoria das opções reais em tempo discreto**: um estudo de caso em mineração de ferro. 174 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Mestrado em Gestão Empresarial - MINTER, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/8706/000382290.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 dez. 2022.

PRADO JÚNIOR, Caio. **História Econômica do Brasil**. Brasília: Ed. Brasiliense, 1978, 280 p.

PRIETO, Carlos. **A mineração e o novo mundo**. Tradução: Amaro Lanari Júnior. Madrid – Espanha: Ed. Cultrix, 1976, 227 p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. PNUMA. **Relatório Brundtland (Nosso Futuro comum)**. 2ª ed, Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1991, 430 p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano. Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção seis da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**. São Paulo, 2022. Disponível em: https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit&scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-lulc.js>. Acesso em: 04 mai. 2022.

QGIS. **Geographic Information System. QGIS Association**. Hanover, 2022. Disponível em: <http://www.qgis.org>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

RAMOS, A. P. M; MARCATO JUNIOR, J. M; DECANINI, M. M. S; PUGLIESI, E. A; OLIVEIRA, R. S de e; PARANHOS FILHO, A. C. Avaliação Qualitativa e Quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia**, nª

68/3 – Mar/Abr, Rio de Janeiro, p. 609-629, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv68n3-44418>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/download/44418/23493/184393>. Acesso em: 05 out. 2024.

RESENDE, V. L. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 28, n.º. 3, Uberlândia, p. 375 – 384, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-451320160304>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/t88hDp8F66Rpt5FjQBDQFdn/?format=pdf&lang=p>. Acesso em: 20 abr. 2022.

RODRIGUES, A. C; MOREIRA, M. A; COLARES, A. C. V. Avaliação da eficiência da aplicação dos royalties da mineração no desenvolvimento social dos municípios mineiros. **Revista Ambiente Contábil**, Natal – RN, v. 8, n.º 8, p. 173 – 189, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2016v8n2ID8175>. Disponível em: <http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-08/index.php/Ambiente/article/view/2719/2260>. Acesso em: 16 jan. 2023.

RODRIGUES, S. C.; HELENA RIBEIRO ROCHA AUGUSTIN, C.; ISABELA SILVA MARTINS NAZAR, T. Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 24, n. 1, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i1.2233. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2233>. Acesso em: 26 ago. 2024.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. Mineração e Meio Ambiente: *In*: FERNANDES, F. R. C; MATOS, G. M. M de; CASTILHO, Z. C; LUZ, A. B da. (org.). **Tendências Tecnológicas 2015: Geociências e Tecnologia Mineral**. 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007, p. 191 - 208. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/453/1/ten_tecno_brasil.pdf#page=307. Acesso em: 2 abr. 2022.

SANTOS, Milton. **Técnica, Espaço e Tempo: Globalização e o meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Hucitec, 1994, 190 p.

SANTOS, P. S dos; SANTOS, M. E. G; SANTOS. R dos. Uso e Ocupação do solo: reflexão sobre impacto ambiental. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 7, n.º. 1, Palmas - TO, p. 1 – 10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v7i1.5208>. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/article/view/5208/2600>. Acesso em: 10 out. 2022.

SHAVINA, E; PROKOFEV, V. Implementation of environmental principles of sustainable development in the mining region. **E3S Web de Conferences**, n.º. 174, Moscou – Rússia, 2020, p. 02 – 14. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017402014>. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/34/e3sconf_iims2020_02014/e3sconf_iims2020_02014.html. Acesso em: 08 ago. 2023.

SILVA, G. U. L da. Análise fatorial confirmatória ou análise dos componentes

principais? Uma comparação com dados de opinião pública do Brasil. **Caderno Eletrônico de Ciências Sociais**, Vitória - ES, v. 9, n. 1, p. 112 - 138, 2021. . DOI:

<https://doi.org/10.47456/cadecs.v9i1.37156>. Disponível em:

<<https://periodicos.ufes.br/cadecs/article/view/37156>>. Acesso em: 25 maio. 2022

SILVA, L. F da; JACOVINE, L. A. G; SILVA, M. L da; ISBAEX, C; REGO, L. J. S. Correlação das Variáveis Socioeconômicas e Ambientais com royalties Petrolíferos e CFEM Municipais.

Revista Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1 – 8, 2017. DOI:

<https://doi.org/10.1590/2179-8087.139815>. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/floram/a/DqydgD5hL8pCMdFW4CHdLDg/?format=pdf&lang=pt>>.

Acesso em: 27 abr. 2022.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Ambientes e territórios: Uma introdução à Ecologia Política**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2019a, 352 p.

SVAMPA, M. Resource extractivism and alternatives: Latin American perspectives on development. *In*: LANG, M; MOKRANI, D (org.). **Beyond Development: Alternative visions from Latin America**. 1. ed. Quito - Equador: Fundación Rosa Luxemburg, 2013, p. 117 - 144. Disponível em: <https://www.tni.org/files/download/beyonddevelopment_complete.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2023.

TAI, X; Xiao, W; TANG, Y. A quantitative assessment of vulnerability using social - economic - natural compound ecosystem framework in coal mining cities. Beijing, China, v. 258, 2020, p. 1 - 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100982>. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620310167>>. Acesso em: 13 ago. 2023.

TELES, Rikartiany; CAVALCANTI, Ana Claudia. Mineração em Maceió - AL: uma Análise sobre Conflito Mineral e Pandemia. *In*: **XIV Jornadas de Sociología**. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, 2021. Disponível em: <<https://cdsa.academica.org/000-074/416>>. Acesso em: 05 dez. 2023.

TORRES, F. T. P. M; MACHADO, P. J. de . O. Introdução a Climatologia. Ed. Geographica. 1ª ed. Ubá, 2008, 244 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Fillipe-Torres/publication/269222933_Introducao_a_Climatologia/links/5492b45d0cf225673b3e079c/Introducao-a-Climatologia.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 1977, 97 p.

TROPPEMAIR, Helmut. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Rio Claro: Ed. Divisa, 2006, 206 p.

VARAJÃO, C. A. C; SALGADO, A. A. R; CHICARITO VARAJÃO, A. F. D; BRAUCHER, R; COLIN, F; JUNIOR, H. A. A. Estudo da evolução da paisagem do quadrilátero ferrífero (Minas Gerais, Brasil) - por meio da mensuração das taxas de erosão (10be) e da pedogênese. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa. v. 33, 2009. p. 1.409 – 1.425. DOI:

<https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500032>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/tnr59gfzvxMK7MYtVn6dp5h/?lang=pt>>. Acesso em: 01 jun. 2021.

VIEIRA, Norberto Martins; CORREA, Beatriz Cunha Freitas; AMARAL, Thiago Periard do. A mineração em Congonhas-MG: análise da influência da mineração no desenvolvimento da cidade e as perspectivas do setor na região. **O Eco da Graduação**. Brasília, v. 6, n.º. 1, p. 36 – 69, 2021. Disponível em: <<http://ecodagraduacao.com.br/index.php/ecodagraduacao/article/view/101>>. Acesso em: 25 out. 2022.

VILLA VERDE, R. B. R.; FERNANDES, F. R. C. A influência da mineração no desenvolvimento socioeconômico do semiárido baiano. *In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM*, 4. Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2015. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1810/2/8%20-%20Rodrigo_Braga_JPCI_2015%20impresso.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2022.

VITTE, C. C. Neoeextrativismo e o uso de recursos naturais na América Latina: notas introdutórias sobre conflitos e impactos socioambientais. **Conexão Políticas**. Teresina, v. 9, n.º 1, p. 167 – 194, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26694/rcp.issn.2317-3254.v9e1.2020.p167-194>. Disponível em: <<https://comunicata.ufpi.br/index.php/conexaopolitica/article/view/12228/7139>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

WAQUIL, P.; SCHNEIDER, S.; FILIPPI, E.; RÜCKERT, A.; RAMBO, A.; RADOMSKY, G.; CONTERATO, M.; SPECHT, S. Avaliação de desenvolvimento territorial em quatro territórios rurais no Brasil. **Revista do Desenvolvimento Regional**. Santa Cruz do Sul - RS, v. 15, n. 1, p. 104-127, 22 mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.17058/redes.v15i1.48>. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/pgdr/wp-content/uploads/2021/12/508.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2023.

YUAN, D; HU, Z; YANG, K; GUO, J; LI, P; LI, G; FU, A. Y. Assessment of the Ecological Impacts of Coal Mining and Restoration in Alpine Areas: A Case Study of the Muli Coalfield on the Qinghai-Tibet Plateau. **IEEE Access**. Pequim - China, v. 9, p. 162919 – 162934, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3133478>. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9638607>>. Acesso em: 04. abr. 2022.

ZHOU, Junju; SHI, Peiji. The impact of land use change on ecosystem service value in Lanzhou region of Gansu Province. *In: International Symposium on Water Resource and Environmental Protection*. Xi'an, China, IEEE, p. 2643-2646, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISWREP.2011.5893421>. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5893421>>. Acesso em: 26 jun. 2022.

ANEXO

Anexo A: Evolução das formações naturais – florestais nos municípios da região do QF.

MUNICÍPIO	FORMAÇÃO NATURAL - FLORESTAL (Hectares)				
	1985	1991	2000	2010	2020
Alvinópolis	18944,25	20551,48	19087,96	22078,25	24498,22
Barão de Cocais	21708,62	21053,20	19531,89	19386,17	18606,56
Belo Horizonte	2238,20	1909,83	1904,58	1991,82	1900,06
Belo Vale	8481,93	6460,04	6688,21	7162,15	7369,42
Betim	11564,34	10399,91	10179,04	10106,10	9047,67
Brumadinho	24770,33	22561,31	23832,22	24279,75	24590,86
Caeté	33328,92	31893,35	30419,28	29942,49	29624,73
Catas Altas	10755,55	10653,73	10257,98	9963,76	10515,95
Congonhas	11443,82	9969,35	9760,05	9713,05	9600,75
Conselheiro Lafaiete	8062,80	6609,70	6955,27	7110,56	6999,70
Ibirité	1653,05	1206,93	1287,52	1179,81	1205,81
Igarapé	4282,18	3608,41	3404,34	3521,40	3219,30
Itabira	71684,91	71496,32	65830,45	65492,67	66339,03
Itabirito	20286,43	18863,77	18582,67	18829,63	19132,51
Itatiaiuçu	7912,33	6945,72	7056,44	8279,99	8920,95
Itaúna	12640,06	11182,68	10869,94	11209,76	10896,08
Jeceaba	5005,61	3929,24	3714,22	4063,44	4471,54
João Monlevade	5063,91	4620,60	4647,67	4801,76	4970,75
Mariana	65135,29	67760,94	65949,17	64760,65	67558,49
Mário Campos	1343,18	1219,73	1214,60	1092,91	1033,46
Mateus Leme	13210,43	12296,09	12119,57	12219,55	11680,85
Moeda	4545,71	3519,17	3798,32	3969,55	4159,15
Nova Lima	15740,40	14971,21	15318,71	15475,41	15561,71
Ouro Branco	11424,52	10731,66	10254,99	10587,61	10740,37
Ouro Preto	59352,69	59004,74	56472,14	56248,53	56366,34
Raposos	2341,46	2250,00	2394,16	2674,81	2871,39
Rio Acima	10101,11	9891,35	10015,47	10272,83	10430,07
Rio Manso	5284,13	4832,52	5166,39	5620,81	5922,58
Rio Piracicaba	12649,14	13057,45	11826,46	13541,71	15259,59
Sabará	14836,66	14267,53	14447,88	15009,06	14750,89
Santa Bárbara	42900,38	42655,20	41617,34	40651,91	40915,51
Santa Luzia	11206,65	10600,68	10345,98	10995,90	10258,79
São Gonçalo do Rio Abaixo	20699,65	20713,37	18489,30	17144,06	17537,30
São Joaquim de Bicas	1989,75	1706,83	1803,53	1744,66	1637,70
Sarzedo	2623,95	2284,83	2174,22	2047,39	1807,95

Fonte: MapBiomass, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Anexo B: Evolução das formações naturais – não florestais nos municípios da região do QF.

MUNICÍPIO	FORMAÇÃO NATURAL - NÃO FLORESTAL (Hectares)				
	1985	1991	2000	2010	2020
Alvinópolis	518,17	104,25	138,47	101,39	196,05
Barão de Cocais	2230,93	2401,28	2675,88	2763,70	2549,81
Belo Horizonte	2283,11	2074,87	1976,74	1783,18	1775,00
Belo Vale	1409,59	1463,72	1551,31	1496,18	1374,60
Betim	407,87	336,32	380,09	297,18	248,11
Brumadinho	7527,73	7384,94	8035,67	8002,28	7161,51
Caeté	3842,68	4244,88	4322,38	4525,02	4202,12
Catas Altas	4004,46	4114,70	4298,74	4304,28	4152,35
Congonhas	4780,18	5680,64	6178,17	6189,12	4904,77
Conselheiro Lafaiete	606,38	1035,67	934,66	1096,56	815,21
Ibirité	1174,13	1040,72	1079,08	966,10	979,56
Igarapé	361,29	343,30	354,81	385,24	362,61
Itabira	3356,23	3103,29	3754,70	3376,04	3472,00
Itabirito	18922,18	21160,84	21513,84	22047,25	18858,34
Itatiaiuçu	2286,58	2093,32	2407,72	2179,80	1774,84
Itaúna	560,04	453,25	471,72	426,82	382,51
Jeceaba	89,05	249,27	325,83	331,78	231,59
João Monlevade	168,03	70,58	118,92	69,65	71,50
Mariana	5065,34	4558,10	5212,49	5038,25	5195,33
Mário Campos	293,23	243,69	303,99	310,46	252,78
Mateus Leme	519,44	444,27	469,73	459,13	409,92
Moeda	2435,15	2522,71	2614,30	2633,53	2551,24
Nova Lima	18337,89	19077,84	19315,30	18224,65	16246,17
Ouro Branco	3932,45	4703,46	5017,98	5422,99	5124,21
Ouro Preto	23601,41	26326,28	28400,23	29687,67	27365,02
Raposos	2854,86	3080,13	3173,62	3179,59	2994,62
Rio Acima	9833,23	10146,98	10441,76	10509,61	9990,91
Rio Manso	153,43	88,15	135,88	187,81	111,85
Rio Piracicaba	406,21	176,82	388,26	282,98	212,61
Sabará	5038,34	5205,70	5456,10	5427,55	5191,72
Santa Bárbara	7645,85	8014,11	8423,11	8278,02	8118,18
Santa Luzia	525,87	442,27	445,81	420,28	399,29
São Gonçalo do Rio Abaixo	317,75	226,03	312,94	337,85	311,08
São Joaquim de Bicas	73,91	64,92	79,46	113,60	87,36
Sarzedo	900,50	819,26	886,03	813,37	694,64

Fonte: MapBiomias, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Anexo C: Evolução das formações naturais – água nos municípios da região do QF.

MUNICÍPIO	ÁGUA (Hectares)				
	1985	1991	2000	2010	2020
Alvinópolis	53,55	45,14	12,11	8,83	7,06
Barão de Cocais	61,94	48,81	28,37	31,48	30,65
Belo Horizonte	261,22	248,76	193,19	202,71	192,01
Belo Vale	378,92	343,67	253,29	228,96	207,89
Betim	402,06	374,54	339,20	330,96	302,94
Brumadinho	504,80	1055,18	972,63	935,06	849,33
Caeté	54,64	55,56	48,24	50,35	44,96
Catas Altas	59,21	61,56	42,97	37,42	44,07
Congonhas	335,39	301,32	254,88	247,58	197,34
Conselheiro Lafaiete	96,70	111,44	76,49	62,24	65,01
Ibirité	200,82	191,14	163,13	121,40	9,76
Igarapé	137,04	126,53	125,69	120,64	89,85
Itabira	1128,06	1016,90	625,87	828,96	433,07
Itabirito	437,22	380,34	258,86	313,65	245,84
Itatiaiuçu	18,49	32,01	39,91	32,60	20,58
Itaúna	479,72	459,80	433,66	430,47	400,68
Jeceaba	92,33	72,54	41,43	28,18	74,45
João Monlevade	232,87	165,57	66,36	39,92	19,71
Mariana	571,98	568,54	219,02	314,17	344,01
Mário Campos	32,97	32,13	27,50	28,34	24,14
Mateus Leme	479,31	469,80	458,53	448,77	378,86
Moeda	62,30	56,50	47,52	43,74	41,56
Nova Lima	775,12	754,68	617,05	621,34	556,84
Ouro Branco	321,49	324,50	254,22	236,61	238,37
Ouro Preto	1068,39	935,52	668,69	636,80	520,46
Raposos	94,17	80,71	51,76	31,14	7,66
Rio Acima	91,15	95,60	60,96	49,60	16,99
Rio Manso	5,63	520,67	520,84	510,84	507,55
Rio Piracicaba	215,75	202,11	128,04	92,01	79,88
Sabará	192,05	123,77	80,91	68,29	34,10
Santa Bárbara	651,99	674,11	449,44	395,84	382,21
Santa Luzia	36,07	33,21	39,28	36,49	34,64
São Gonçalo do Rio Abaixo	396,95	395,02	244,52	332,26	325,61
São Joaquim de Bicas	135,17	126,68	104,14	94,29	87,99
Sarzedo	101,78	81,51	59,39	62,84	25,23

Fonte: MapBiomias, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Anexo D: Evolução das formações antrópicas – agropecuária nos municípios da região do QF.

MUNICÍPIO	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - AGROPECUÁRIA (Hectares)				
	1985	1991	2000	2010	2020
Alvinópolis	40287,50	39082,51	40504,74	37507,73	34939,71
Barão de Cocais	9647,66	9918,35	11008,08	10686,89	11395,09
Belo Horizonte	4028,00	2992,38	2209,81	1885,89	1644,52
Belo Vale	26232,62	28177,65	27861,48	27338,80	27149,26
Betim	17140,75	16994,87	15800,13	15179,77	15501,67
Brumadinho	30244,07	31651,80	29440,70	28843,18	28913,13
Caeté	16365,84	17275,02	18622,10	18848,83	19377,62
Catas Altas	8777,59	8700,22	8995,85	9340,87	8860,65
Congonhas	11300,00	11513,51	11114,73	10128,35	10585,56
Conselheiro Lafaiete	26582,99	27195,14	26685,11	26195,83	26253,37
Ibirité	2419,36	2551,73	2045,68	2120,63	2063,33
Igarapé	5337,66	5641,37	5515,02	5252,05	5361,46
Itabira	45256,28	45324,86	50064,07	50219,19	48853,00
Itabirito	13649,40	12682,04	12001,54	10531,88	12070,08
Itatiaiuçu	18695,62	19620,82	18995,59	17717,10	17071,77
Itaúna	7494,97	6072,20	6774,47	8864,36	13310,19
Jeceaba	18304,84	19251,27	19414,55	18763,29	18352,76
João Monlevade	2881,91	3404,21	3202,54	2954,54	2576,66
Mariana	47351,96	45108,81	45970,50	46371,22	42716,25
Mário Campos	1540,69	1633,44	1507,04	1596,35	1692,39
Mateus Leme	15052,37	15786,08	15762,38	15553,20	16041,51
Moeda	8434,90	9357,33	9001,03	8807,05	8687,07
Nova Lima	9450,98	9197,31	9341,76	8580,15	8674,09
Ouro Branco	9450,98	9197,31	9341,76	8580,15	8674,09
Ouro Preto	37090,69	34943,29	35149,37	33563,04	35177,20
Raposos	1730,86	1573,67	1321,63	1064,97	1048,22
Rio Acima	2534,22	2371,80	1903,56	1585,99	1932,57
Rio Manso	17650,51	17603,29	17206,15	16683,17	16442,93
Rio Piracicaba	23438,42	23298,98	24371,31	22745,69	20897,33
Sabará	8676,47	8452,14	7722,71	6972,26	7269,04
Santa Bárbara	16559,95	16245,82	16843,37	17793,03	17508,09
Santa Luzia	9335,95	9647,39	9231,35	8315,10	8673,84
São Gonçalo do Rio Abaixo	14800,84	14815,42	17025,60	17778,86	17128,93
São Joaquim de Bicas	4105,24	4202,37	3937,89	3808,79	3730,65
Sarzedo	2140,13	2412,11	2161,61	2139,21	2290,52

Fonte: MapBiomass, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Anexo E: Evolução das formações antrópicas – área urbana nos municípios da região do QF.

MUNICÍPIO	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - ÁREA URBANIZADA (Hectares)				
	1985	1991	2000	2010	2020
Alvinópolis	95,85	118,13	151,93	168,07	179,34
Barão de Cocais	336,27	477,26	612,78	725,57	833,66
Belo Horizonte	24158,00	25777,12	26743,98	27182,70	27509,36
Belo Vale	54,05	63,53	96,85	116,06	136,37
Betim	4771,49	6206,94	7599,40	8321,08	9078,99
Brumadinho	436,05	551,72	727,91	790,45	878,21
Caeté	626,78	684,54	769,49	808,48	849,82
Catas Altas	76,11	132,45	165,16	185,43	198,30
Congonhas	1590,30	1904,62	2065,83	2212,85	2313,74
Conselheiro Lafaiete	1510,92	1859,90	2228,81	2412,38	2640,69
Ibirité	1772,48	2224,19	2630,55	2812,38	2945,81
Igarapé	946,25	1326,24	1602,19	1719,02	1929,97
Itabira	1184,82	1881,06	2418,94	2664,93	2869,92
Itabirito	583,84	716,31	975,46	1161,62	1385,24
Itatiaiuçu	245,21	324,20	397,14	450,07	478,14
Itaúna	1466,15	1800,25	2062,39	2206,02	2356,04
Jeceaba	93,32	109,41	119,64	416,40	441,14
João Monlevade	1389,62	1580,05	1850,50	2008,34	2221,94
Mariana	334,87	621,81	814,50	924,85	1042,76
Mário Campos	305,81	383,52	446,77	464,26	479,91
Mateus Leme	799,29	1016,53	1186,40	1272,23	1380,94
Moeda	32,41	40,39	49,29	54,07	64,65
Nova Lima	1488,90	1797,42	2514,35	3035,74	3391,18
Ouro Branco	595,83	765,07	893,62	952,74	1009,93
Ouro Preto	1296,19	1566,77	1849,31	2026,11	2172,77
Raposos	172,01	212,15	247,50	252,30	265,42
Rio Acima	167,59	192,48	232,25	267,06	276,14
Rio Manso	59,57	105,52	115,27	132,07	142,32
Rio Piracicaba	381,82	414,65	449,50	465,49	475,84
Sabará	1337,22	1974,26	2315,53	2467,69	2656,89
Santa Bárbara	261,14	415,64	514,94	609,70	677,70
Santa Luzia	2377,51	2787,67	3436,01	3721,38	4089,07
São Gonçalo do Rio Abaixo	92,57	122,97	151,86	224,55	279,30
São Joaquim de Bicas	866,11	1063,09	1227,26	1377,90	1530,47
Sarzedo	317,97	447,76	767,92	897,30	983,52

Fonte: MapBiomas, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Anexo F: Evolução das formações antrópicas – área não vegetada nos municípios da região do QF.

MUNICÍPIO	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - ÁREA NÃO VEGETADA (INCLUSO A MINERAÇÃO) (Hectares)				
	1985	1991	2000	2010	2020
Alvinópolis	44,89	42,71	49,01	79,95	123,84
Barão de Cocais	27,19	113,71	155,62	418,79	596,85
Belo Horizonte	165,80	131,54	106,04	88,03	113,37
Belo Vale	34,23	82,74	140,21	249,20	353,82
Betim	98,63	72,54	87,26	150,03	205,74
Brumadinho	36,13	101,62	73,50	79,82	155,73
Caeté	36,13	101,62	73,50	79,82	155,73
Catas Altas	331,97	342,22	244,17	173,12	233,57
Congonhas	957,14	1037,40	1033,18	1915,88	2804,68
Conselheiro Lafaiete	163,17	211,10	142,63	145,38	248,97
Ibirité	18,67	23,80	32,55	38,18	34,23
Igarapé	29,52	48,10	91,90	95,60	130,75
Itabira	2760,56	2548,41	2676,81	2789,05	3403,83
Itabirito	523,61	599,38	1070,32	1518,67	2710,68
Itatiaiuçu	355,07	497,23	616,50	853,73	1247,02
Itaúna	104,02	132,62	133,12	174,84	232,37
Jeceaba	40,66	14,08	10,14	22,72	54,33
João Monlevade	178,63	73,95	28,97	40,77	54,41
Mariana	959,30	800,55	1253,07	2009,61	2561,91
Mário Campos	3,03	6,39	19,00	26,57	36,24
Mateus Leme	77,79	125,87	142,19	185,83	246,72
Moeda	1,60	15,96	1,60	4,11	8,40
Nova Lima	1103,90	1118,92	1480,93	2097,22	2604,22
Ouro Branco	148,00	151,27	110,69	93,17	86,29
Ouro Preto	2178,40	1811,18	2048,04	2425,62	2985,98
Raposos	28,95	25,67	33,66	19,52	35,01
Rio Acima	110,95	140,03	184,24	153,15	191,56
Rio Manso	0,25	3,36	8,99	18,82	26,30
Rio Piracicaba	209,86	151,19	137,63	173,32	375,93
Sabará	162,01	219,36	219,62	297,92	340,12
Santa Bárbara	434,47	448,90	605,57	725,28	852,09
Santa Luzia	38,93	9,77	22,58	31,84	65,37
São Gonçalo do Rio Abaixo	74,02	108,96	157,55	564,19	799,54
São Joaquim de Bicas	7,32	13,62	25,22	38,26	103,34
Sarzedo	130,68	169,53	165,83	254,89	413,15

Fonte: MapBiomias, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Anexo G: Evolução das formações antrópicas – mineração nos municípios da região do QF.

MUNICÍPIO	FORMAÇÃO ANTRÓPICA - MINERAÇÃO (Hectares)				
	1985	1991	2000	2010	2020
Alvinópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Barão de Cocais	11,86	76,08	134,82	383,60	498,93
Belo Horizonte	17,67	21,46	18,94	19,19	17,42
Belo Vale	27,77	81,48	137,44	246,34	337,71
Betim	0,42	2,10	15,65	25,41	40,14
Brumadinho	382,96	647,97	858,16	997,82	1370,17
Caeté	2,27	14,48	30,98	39,49	50,10
Catas Altas	172,19	221,29	162,18	141,16	174,71
Congonhas	558,90	795,74	878,13	1751,86	2438,88
Conselheiro Lafaiete	97,38	131,23	94,03	73,16	108,45
Ibirité	7,82	14,72	27,42	27,33	29,27
Igarapé	7,31	25,31	39,43	55,91	69,28
Itabira	1520,20	2024,07	2336,75	2485,11	3050,39
Itabirito	260,71	416,20	862,78	1285,08	2213,14
Itatiaiuçu	295,22	456,97	556,84	802,13	1158,10
Itaúna	30,77	53,97	52,54	61,37	65,16
Jeceaba	0,00	0,00	0,00	0,00	15,76
João Monlevade	5,81	18,62	10,45	17,52	27,55
Mariana	530,22	704,88	1189,91	1906,06	2412,01
Mário Campos	1,26	4,54	16,57	25,39	28,59
Mateus Leme	44,98	97,27	110,64	148,30	177,14
Moeda	0,00	0,00	0,00	0,59	5,38
Nova Lima	415,70	638,46	1041,01	1842,67	2123,33
Ouro Branco	5,45	7,29	4,02	1,84	18,11
Ouro Preto	939,38	1294,39	1561,26	2015,08	2522,37
Raposos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Acima	57,91	111,86	157,33	117,16	138,67
Rio Manso	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Piracicaba	69,53	68,19	87,88	132,16	310,53
Sabará	37,98	108,05	137,02	177,87	231,68
Santa Bárbara	182,10	313,79	530,19	616,65	712,75
Santa Luzia	0,00	0,00	7,08	16,59	31,51
São Gonçalo do Rio Abaixo	14,31	63,49	132,79	531,77	712,98
São Joaquim de Bicas	3,36	9,59	23,12	34,98	71,55
Sarzedo	113,61	153,55	163,14	230,58	366,89

Fonte: MapBiomias, 1985, 1991, 2000, 2010 e 2020.

Anexo H: Resultados da aplicação da ACP para os dados de 1980 dos municípios da região do QF.

COMPONENTE	Autovalor	Variância	Total	Nº Variáveis	Autovetor	Peso	Coef. de Determ.
1	5,4237	60,26	60,26	5	0,413631896	0,963298827	10,31049589
					0,410064506	0,954990806	10,13341599
					0,403513803	0,939735009	9,812243189
					0,411387318	0,958071477	10,1988995
					0,412343271	0,960297775	10,24635352
					0,222335567	0,517792736	2,978992418
					0,20771538	0,483744081	2,600092626
					0,256696406	0,597814988	3,970919552
					0,013929821	0,032440874	0,011693448
2	2,6158	29,06	89,33	2	0,159020149	0,257190601	0,734966723
					0,169998457	0,274946322	0,839949781
					0,157066358	0,254030644	0,717017422
					0,16798232	0,271685532	0,820144757
					0,161376824	0,26100216	0,756912527
					-0,51771272	-0,837320591	7,790064139
					-0,497393795	-0,80445786	7,190582752
					-0,430108867	-0,695634851	5,376753844
					-0,407997612	-0,659873302	4,838141938
3	0,6828	7,59	96,91	0	0,066784428	0,055186927	0,033839965
					0,038951075	0,032186996	0,011511141
					0,048723844	0,040262668	0,018012027
					0,084257008	0,069625292	0,053863126
					0,086944554	0,071846131	0,057354073
					-0,187027466	-0,154549068	0,265393493
					-0,300518374	-0,248331626	0,685206625
					-0,165227358	-0,136534674	0,207130191
					0,907964424	0,750291165	6,254853699
4	0,2126	2,36	99,28	0	0,001893791	0,000873227	8,4725E-06
					-0,06734267	-0,031051701	0,010713423
					0,207939241	0,09588077	0,1021458
					0,00856648	0,003950003	0,000173361
					-0,002069732	-0,000954353	1,01199E-05
					0,17881401	0,082451127	0,075535427
					0,515344684	0,237625398	0,627398108
					-0,80742916	-0,372305529	1,540126744
					0,051463968	0,023730032	0,006256827
5	0,0544	0,60	99,88	0	-0,187997978	-0,043866328	0,021380608
					-0,248127283	-0,057896541	0,03724455
					0,873430323	0,203801025	0,461498422
					-0,18944064	-0,04420295	0,021710009
					-0,251682851	-0,058726176	0,038319598
					-0,042313665	-0,009873218	0,001083116
					-0,113236721	-0,026421982	0,007756901
					0,162348851	0,037881513	0,015944545
					0,002630469	0,000613778	4,18582E-06
6	0,0096	0,11	99,99	0	-0,218613832	-0,021472739	0,005123095
					0,854273886	0,083908692	0,078229651
					0,041980465	0,004123415	0,000188917
					-0,340934481	-0,033487347	0,012460027
					-0,316665264	-0,031103571	0,010749246
					0,00439482	0,000431669	2,07042E-06
					0,021470052	0,002108836	4,94132E-05
					-0,046615248	-0,004578654	0,000232934
					0,03866901	0,003798157	0,000160289
7	0,0008	0,01	100,00	0	-0,772968215	-0,021288132	0,005035384
					0,074246567	0,002044807	4,64582E-05
					0,007822072	0,000215426	5,15648E-07
					0,626868225	0,017264427	0,003311783
					0,059122115	0,001628268	2,94584E-05
					-0,009003873	-0,000247974	6,83232E-07
					0,017210895	0,000474001	2,49641E-06
					0,009175933	0,000252712	7,09594E-07
					-0,005071695	-0,000139678	2,16778E-07
8	0,0002	0,00	100,00	0	-0,344298199	-0,0048466	0,000260995
					0,004725929	6,65257E-05	4,91741E-08
					0,046767766	0,000658338	4,81566E-06
					-0,499121377	-0,007026007	0,000548497
					0,792417659	0,011154665	0,001382517
					0,035657383	0,00050194	2,79938E-06
					-0,027892457	-0,000392635	1,71292E-06
					-0,007034832	-9,90276E-05	1,08961E-07
					-0,010117782	-0,000142425	2,25389E-07
9	0,0000	0,00	100,00	0	-0,001068916	-2,49143E-06	6,86961E-11
					-0,003081633	-7,18267E-06	5,7323E-10
					0,001653025	3,85287E-06	1,6494E-10
					-0,03405568	-7,93769E-05	7,00078E-08
					0,036394919	8,48292E-05	7,99555E-08
					-0,782575513	-0,001824026	3,69675E-05
					0,582412718	0,001357487	2,04752E-05
					0,202996484	0,000473144	2,48739E-06
					0,068305704	0,000159207	2,81631E-07

Fonte: ACP, 1980.

Anexo I: Resultados da aplicação da ACP para os dados de 1991 dos municípios da região do QF.

COMPONENTE	Autovetor	Variância	Total	Nº Variáveis	Autovetor	Peso	Coef. de Determ.
1	5,6924	63,25	63,25	5	0,400297872	0,955061747	10,13492157
					0,391112712	0,933147079	9,675149669
					0,398218379	0,95010033	10,02989596
					0,397752721	0,948989327	10,00645269
					0,399217911	0,952485092	10,08030945
					0,26569457	0,633914737	4,464976596
					0,261237412	0,623280504	4,316428735
					0,25951415	0,61916901	4,259669593
					0,066680064	0,159090474	0,281219766
					0,192986224	0,290349597	0,936698762
2	2,2635	25,15	88,40	2	0,206032255	0,309977474	1,067622602
					0,198197778	0,29819043	0,987972583
					0,204716119	0,307997335	1,054026202
					0,196425861	0,295524564	0,970386311
					-0,506075959	-0,761396062	6,441377363
					-0,482995403	-0,726671148	5,867232852
					-0,433836422	-0,652710996	4,733684933
					-0,35060146	-0,52748321	3,091539298
					-0,042183165	-0,038147415	0,01616917
					-0,041603474	-0,037623185	0,015727822
3	0,8178	9,09	97,49	0	-0,054722367	-0,049486966	0,027210665
					-0,046823664	-0,042343949	0,019922333
					-0,052358148	-0,047348937	0,024910243
					0,105487372	0,09539518	0,101113782
					0,178946402	0,161826235	0,290974782
					0,312489938	0,282593388	0,887322477
					-0,920739921	-0,832650854	7,703416058
					0,020057335	0,008607733	0,000823256
					-0,136808372	-0,058712183	0,038301338
					0,058092255	0,024930661	0,006905976
4	0,1842	2,05	99,53	0	0,037148589	0,015942553	0,002824056
					0,030396528	0,013044863	0,001890761
					0,224340068	0,096276968	0,102991717
					0,556191875	0,238693282	0,633049809
					-0,773613109	-0,332000988	1,224718401
					-0,130565639	-0,056033075	0,034885616
					-0,174663599	-0,033228108	0,012267857
					0,884066558	0,168185351	0,314292358
					-0,212500289	-0,040426182	0,018158624
					-0,247080221	-0,047004689	0,024549342
5	0,0362	0,40	99,93	0	-0,239786226	-0,045617075	0,023121306
					0,038906774	0,007401648	0,000608715
					0,091947276	0,017492105	0,003399708
					-0,11884764	-0,022609646	0,005679957
					-0,011122335	-0,00211592	4,97457E-05
					-0,324062943	-0,023244626	0,006003474
					0,000837889	6,01007E-05	4,01344E-08
					0,845605797	0,060654238	0,040877073
					-0,116802065	-0,008378065	0,000779911
					-0,4068613	-0,029183648	0,00946317
6	0,0051	0,06	99,99	0	-0,008691337	-0,000623419	4,31834E-06
					-0,00922024	-0,000661356	4,85991E-06
					0,024354727	0,001746934	3,39086E-05
					-0,000893794	-6,41107E-05	4,56687E-08
					-0,78049931	-0,0193658	0,004167047
					0,050217468	0,001245999	1,72502E-05
					-0,094726979	-0,002350372	6,13805E-05
					0,555076001	0,013772582	0,0021076
					0,265284126	0,006582247	0,0004814
					0,026279799	0,000652056	4,72419E-06
7	0,0006	0,01	100,00	0	-0,011791877	-0,000292581	9,5115E-07
					0,000546554	1,35611E-05	2,04338E-09
					-0,003289982	-8,16313E-05	7,40407E-08
					0,234977273	0,002323486	5,99843E-05
					-0,006153972	-6,08513E-05	4,11431E-08
					-0,1629343	-0,001611116	2,8841E-05
					0,642897917	0,006357059	0,000449024
					-0,710499382	-0,007025511	0,00054842
					-0,000952004	-9,41354E-06	9,84607E-10
					0,004152483	4,10603E-05	1,87328E-08
8	0,0000	0,00	100,00	0	-0,000636892	-6,29767E-06	4,40674E-10
					0,00738679	7,30416E-05	5,92785E-08
					-0,020458722	-4,57529E-05	2,32592E-08
					0,000362184	8,0997E-07	7,28946E-12
					-0,006647793	-1,48668E-05	2,4558E-09
					0,013898026	3,10809E-05	1,07336E-08
					0,01257079	2,81127E-05	8,78139E-09
					-0,780741095	-0,001746012	3,38729E-05
					0,59025726	0,001320023	1,93607E-05
					0,183282685	0,000409885	1,86673E-06
0,087367636	0,000195385	4,24169E-07					

Fonte: ACP, 1991.

Anexo J: Resultados da aplicação da ACP para os dados de 2000 dos municípios da região do QF.

COMPONENTE	Autovetor	Variância	Total	Nº Variáveis	Autovetor	Peso	Coef. de Determ.
1	5,9798	66,44	66,44	5	0,383942785	0,938882521	9,794448751
					0,368629071	0,901434809	9,028719056
					0,371937821	0,909525932	9,191526889
					0,378810282	0,926331648	9,534336904
					0,380683151	0,930911506	9,628847024
					0,288609375	0,705756973	5,534365618
					0,330422946	0,808006663	7,254164078
					0,263852481	0,645217183	4,625613487
					0,166892438	0,408113915	1,850632975
					0,166892438	0,408113915	1,850632975
2	2,2277	24,75	91,19	2	-0,227134374	-0,339009096	1,276968521
					-0,246752915	-0,368290722	1,507089513
					-0,203188908	-0,303269324	1,021914253
					-0,240616989	-0,359132555	1,433068801
					-0,230461764	-0,343975387	1,314656299
					0,463290709	0,691483907	5,312777712
					0,30108987	0,449391269	2,243916807
					0,460702859	0,687621415	5,253591225
					0,466570003	0,696378414	5,388254388
					0,466570003	0,696378414	5,388254388
3	0,4715	5,24	96,43	0	-0,039486921	-0,02711276	0,008167798
					-0,076791843	-0,052727303	0,030890761
					-0,098410816	-0,06757146	0,050732246
					-0,024955559	-0,017135144	0,003262369
					-0,022226001	-0,015260958	0,002587743
					0,205404298	0,141036005	0,221012831
					0,258350938	0,177390563	0,34963791
					0,366667622	0,251763653	0,704277079
					-0,859279381	-0,590003871	3,867828536
					0,043584771	0,018195753	0,003678727
4	0,1743	1,94	98,37	0	0,267480388	0,11166761	0,138551723
					-0,018980731	-0,007924068	0,000697676
					-0,026091919	-0,010892844	0,001318378
					-0,027308646	-0,011400803	0,001444203
					0,14176934	0,05918581	0,038921779
					-0,79858716	-0,333393861	1,235016298
					0,516587874	0,215664908	0,516792804
					-0,008047433	-0,003359639	0,000125413
					-0,065672253	-0,020426168	0,00463587
					-0,284381506	-0,088451729	0,086930094
5	0,0967	1,07	99,44	0	0,886464566	0,275718787	0,844676105
					-0,218938358	-0,06809682	0,051524188
					-0,26530063	-0,082516968	0,07565611
					0,018673696	0,005808116	0,000374825
					-0,070735124	-0,022000882	0,005378209
					0,044907492	0,013967664	0,002167729
					-0,05751183	-0,017888016	0,003555346
					0,084054369	0,018208243	0,003683779
					-0,781020202	-0,169188179	0,318051554
					-0,04487012	-0,009719971	0,001049754
6	0,0469	0,52	99,97	0	0,39823121	0,086266671	0,082688207
					0,405293376	0,08779651	0,085646969
					-0,0003089	-6,69153E-05	4,97518E-08
					-0,208777452	-0,045226329	0,022726898
					0,115085643	0,02493038	0,00690582
					0,035289318	0,007644534	0,000649321
					-0,872431188	-0,041827266	0,019439113
					0,185279259	0,008882907	0,000876734
					0,140844449	0,006752554	0,000506633
					0,377196624	0,018084067	0,003633705
7	0,0023	0,03	99,99	0	0,17440232	0,00836143	0,000776817
					-0,080017404	-0,003836302	0,000163525
					0,023923423	0,001146969	1,46171E-05
					0,070216699	0,003366423	0,00012592
					0,009964814	0,000477747	2,53602E-06
					-0,082502837	-0,001840802	3,76506E-05
					0,005674748	0,000126615	1,78126E-07
					0,00232101	5,17863E-05	2,97981E-08
					0,098487858	0,00219746	5,36537E-05
					-0,014991379	-0,000334487	1,24313E-06
8	0,0005	0,01	100,00	0	0,794082704	0,017717561	0,003487911
					-0,214822584	-0,004793118	0,000255266
					-0,54337806	-0,012123843	0,001633195
					-0,106090968	-0,0023671	6,22574E-05
					-0,134974766	-0,002139445	5,08581E-05
					0,023597839	0,000374042	1,55453E-06
					0,051538987	0,000816929	7,41526E-06
					-0,662422383	-0,010499862	0,001224968
					0,73173759	0,011598557	0,001494739
					0,0495777	0,000785842	6,86163E-06
9	0,0003	0,00	100,00	0	-0,01914035	-0,000303388	1,02271E-06
					-0,037082056	-0,000587777	3,83868E-06
					-0,011224639	-0,000177918	3,51722E-07

Fonte: ACP, 2000.

Anexo K: Resultados da aplicação da ACP para os dados de 2010 dos municípios da região do QF.

COMPONENTE	Autovalor	Variância	Total	Nº Variáveis	Autovetor	Peso	Coef. de Determ.
1	5,9434	66,04	66,04	5	0,385278171 0,370124704 0,3850347 0,37950337 0,380776941 0,294706165 0,307350134 0,261275447 0,166499669	0,939276663 0,90233375 0,938683101 0,925198172 0,928303032 0,718469523 0,749294485 0,636968167 0,405912573	9,80267389 9,046735517 9,790288486 9,51101842 9,574961334 5,735538397 6,238246949 4,508093836 1,830722411
2	2,1990	24,43	90,47	2	-0,227592612 -0,236435127 -0,184222281 -0,247534984 -0,239769465 0,459165226 0,335970883 0,433760328 0,477223279	-0,33750031 -0,350613001 -0,273185831 -0,367073136 -0,35557538 0,680902622 0,498215984 0,643229339 0,707681165	1,265627325 1,365883069 0,829227757 1,497140966 1,40467959 5,151426451 2,757990747 4,597155357 5,564584785
3	0,4675	5,19	95,67	0	-0,040548358 -0,081811347 -0,045875035 -0,038459283 -0,026516429 0,204967853 0,143412375 0,471879495 -0,837930063	-0,027724707 -0,055938039 -0,031366792 -0,026296314 -0,018130456 0,140145592 0,098057387 0,322644894 -0,572929866	0,00854066 0,03476738 0,010931951 0,00768329 0,003652372 0,218230966 0,106836125 1,15666364 3,647207021
4	0,2739	3,04	98,71	0	0,056850073 0,194453167 0,033458427 -0,039567868 -0,043878444 0,038335148 -0,808501205 0,5267876 0,147297918	0,029754317 0,101773329 0,017511545 -0,020709118 -0,022965197 0,020063935 -0,423155151 0,27571126 0,077093111	0,009836882 0,115086783 0,003407269 0,004765195 0,005860003 0,004472905 1,989558688 0,84462999 0,066037197
5	0,0726	0,81	99,52	0	0,042727703 -0,779459822 0,591166629 0,113295927 0,080853446 -0,024715207 -0,132440401 0,050011644 0,033362163	0,011511116 -0,209991454 0,159264066 0,030522646 0,021782435 -0,006658435 -0,03568029 0,013473456 0,00898798	0,001472287 0,489960121 0,281833807 0,010351466 0,005271938 0,000492608 0,014145368 0,002017045 0,000897598
6	0,0409	0,45	99,97	0	0,08619247 -0,357180176 -0,654256943 0,409234606 0,501214587 0,019455405 -0,096066389 0,070915616 0,06013085	0,017434968 -0,072250219 -0,132342753 0,082779762 0,101385425 0,003935429 -0,019432259 0,014344774 0,012163237	0,003377534 0,058001047 0,194606713 0,076138767 0,114211159 0,000172084 0,004195697 0,002286361 0,001643826
7	0,0023	0,03	100,00	0	-0,882790582 0,164070199 0,178756545 0,331160011 0,222188849 0,035852795 -0,038170649 0,00553134 3,49229E-05	-0,04196402 0,007799183 0,008497308 0,015741905 0,01056189 0,001704286 -0,001814466 0,000262936 1,66008E-06	0,019566433 0,000675858 0,000802269 0,002753417 0,001239484 3,22732E-05 3,6581E-05 7,68169E-07 3,06208E-11
8	0,0002	0,00	100,00	0	-0,077843301 0,022543662 0,069147981 -0,684351151 0,679746695 -0,200957952 0,06782529 0,110565809 0,032396412	-0,001194321 0,000345879 0,001060912 -0,01049975 0,010429106 -0,003083225 0,001040619 0,001696371 0,000497046	1,58489E-05 1,32925E-06 1,25059E-05 0,001224942 0,001208514 0,000105625 1,20321E-05 3,19742E-05 2,74506E-06
9	0,0001	0,00	100,00	0	-0,015894792 0,006202048 -0,017915619 0,18261027 -0,160356762 -0,784968337 0,292560545 0,472891216 0,122204965	-0,000153657 5,9956E-05 -0,000173193 0,001765317 -0,001550189 -0,007588389 0,00282822 0,0045715 0,001181371	2,62339E-07 3,99413E-08 3,33285E-07 3,4626E-05 2,6701E-05 0,000639818 8,88759E-05 0,000232207 1,55071E-05

Fonte: ACP, 2010.

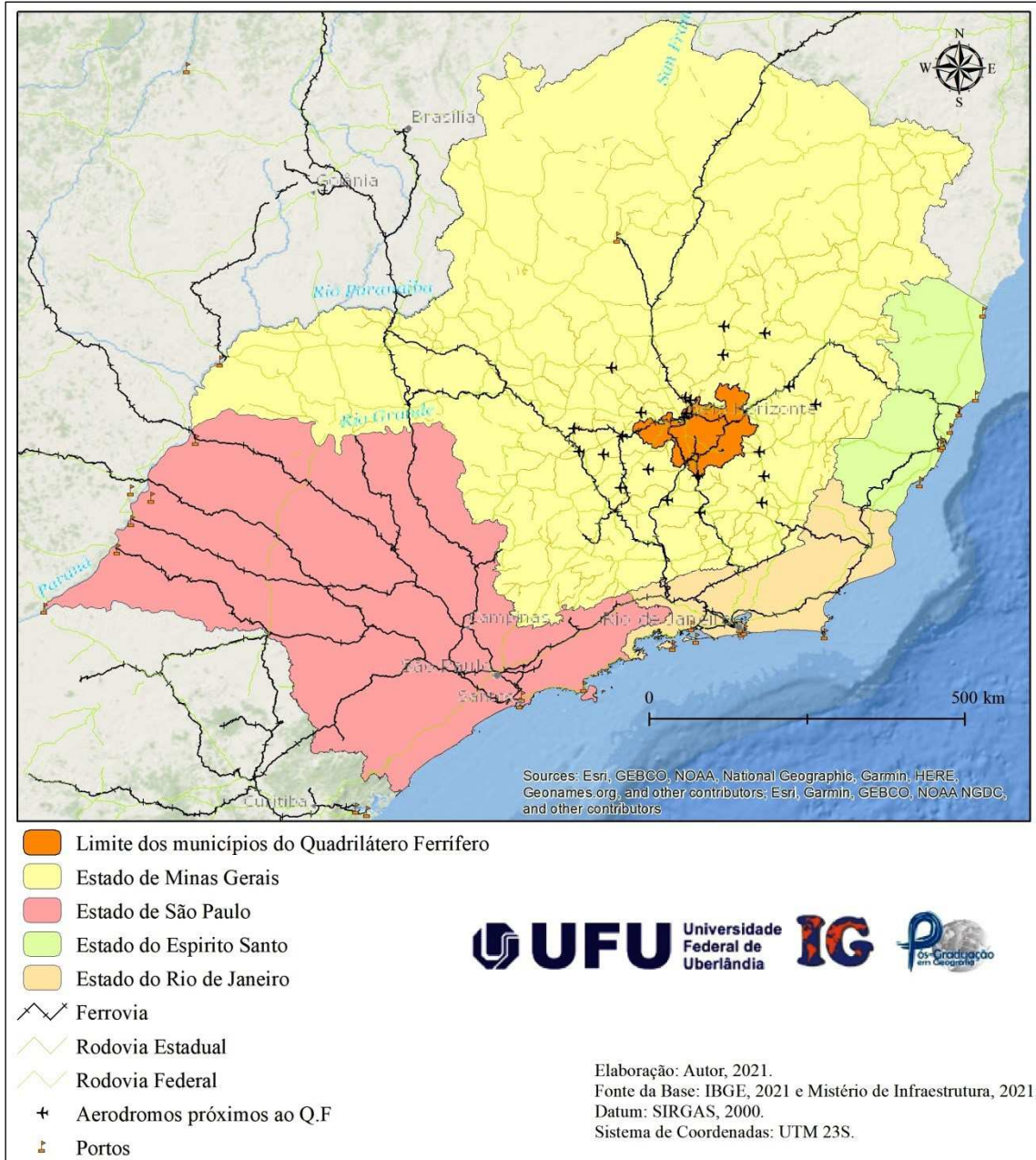
Anexo L: Resultados da aplicação da ACP para os dados de 2021 / 2022 dos municípios da região do QF.

COMPONENTE	Autovalor	Variância	Total	Nº Variáveis	Autovetor	Peso	Coef. de Determ.
1	5,3942	59,94	59,94	5	0,420589705	0,976836264	10,60232318
					0,401089325	0,931545857	9,64197426
					0,417557455	0,969793742	10,44999892
					0,418635715	0,972298043	10,50403872
					0,419632444	0,974612986	10,55411636
					0,230255362	0,534777207	3,177629567
					0,04458486	0,103550105	0,11914027
					0,140882662	0,327205568	1,189594265
					0,248348365	0,576798923	3,696633309
					0,248348365	0,576798923	3,696633309
2	1,4770	16,41	76,35	1	-0,136427374	-0,165802677	0,305450307
					-0,125762537	-0,152841506	0,259561398
					-0,04309712	-0,052376717	0,030481339
					-0,153344381	-0,186362224	0,385898651
					-0,146666906	-0,178246967	0,353022015
					0,500981067	0,608851433	4,118889637
					0,606611376	0,737225875	6,038911003
					-0,15221234	-0,184986435	0,380222012
					0,525890032	0,639123752	4,538657447
					0,525890032	0,639123752	4,538657447
3	1,1576	12,86	89,21	1	-0,108199637	-0,116412418	0,150576122
					-0,192317165	-0,206914799	0,475708158
					-0,067141902	-0,072238238	0,057981811
					-0,081118576	-0,087275798	0,084634054
					-0,084750487	-0,091183384	0,092382329
					0,428360291	0,460874533	2,360059282
					-0,372060587	-0,400301458	1,780458417
					0,772792897	0,831450937	7,681229562
					0,117921849	0,126872584	0,178851696
					-0,033394722	-0,025679817	0,007327256
4	0,5913	6,57	95,78	0	0,036943693	0,028408899	0,008967395
					-0,040499766	-0,031143442	0,010776822
					-0,049682701	-0,03820492	0,016217955
					-0,043242722	-0,033252716	0,012286034
					0,126510096	0,097283522	0,105156485
					-0,692231761	-0,532311219	3,148391486
					-0,489652468	-0,376532134	1,575293865
					0,506549372	0,389525487	1,685890055
					0,026569299	0,013229267	0,001944594
					0,125674688	0,06257538	0,043507535
5	0,2479	2,75	98,53	0	-0,172505608	-0,085893222	0,08197384
					0,049905944	0,024848945	0,006860778
					0,058736942	0,029246036	0,009503674
					0,698105868	0,347597758	1,342491124
					-0,086791767	-0,043214969	0,020750373
					-0,305561513	-0,152143824	0,257197148
					-0,59962378	-0,298561996	0,990436283
					0,012605868	0,003850989	0,000164779
					0,784273441	0,239589084	0,637810323
					-0,533709173	-0,163043762	0,295369646
6	0,0933	1,04	99,57	0	-0,184984484	-0,056511238	0,035483556
					-0,134713937	-0,041153999	0,018818352
					-0,072771223	-0,02223101	0,005491309
					0,04959449	0,015150709	0,002550489
					0,163061541	0,049813959	0,02757145
					0,114888408	0,035097464	0,013687022
					0,106049994	0,019512496	0,004230417
					-0,331544921	-0,061002068	0,041347248
					-0,699103035	-0,128630324	0,183841782
					0,432092512	0,079502158	0,070228813
7	0,0339	0,38	99,95	0	0,42283842	0,077799467	0,067252856
					-0,060713752	-0,011170928	0,001386551
					0,049144522	0,009042266	0,000908473
					-0,000106012	-1,95054E-05	4,22736E-09
					0,135973111	0,025018151	0,006954532
					-0,877912309	-0,059298105	0,039069615
					0,209955331	0,014181318	0,002234553
					0,116227712	0,007850537	0,000684788
					0,358347224	0,024204367	0,00650946
					0,207476164	0,014013864	0,002182093
8	0,0046	0,05	100,00	0	-0,011814046	-0,000797973	7,07513E-06
					0,003433944	0,000231944	5,97755E-07
					0,007423426	0,000501411	2,79348E-06
					0,003780687	0,000255364	7,24567E-07
					-0,093957671	-0,001495233	2,48414E-05
					-0,008841794	-0,000140707	2,19984E-07
					0,027973976	0,000445175	2,20201E-06
					-0,663592127	-0,010560339	0,00123912
					0,741558016	0,01180108	0,001547394
					-0,005468966	-8,70326E-05	8,4163E-08
9	0,0003	0,00	100,00	0	-0,001239879	-1,97313E-05	4,32583E-09
					0,00174804	2,78181E-05	8,59831E-09

Fonte: ACP, 2021 / 2022.

APÊNDICE:

Apêndice A: Mapa de Situação da região do QF.



Fonte: Autor, 2021.