



Desafios do setor extrativo Português: uma análise prospetiva

DANIELA ELISABETE PINTO FERREIRA DA CUNHA

Outubro de 2021



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Desafios do setor extrativo Português: uma análise prospetiva

Daniela Elisabete Pinto Ferreira da Cunha



isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

P. PORTO

2021

(página propositadamente em branco)



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Desafios do setor extrativo Português: uma análise prospetiva

Challenges of the Portuguese mining sector: a prospective analysis

Daniela Elizabete Pinto Ferreira da Cunha

1161843

*Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente**, realizada sob a orientação do Doutor José Augusto de Abreu Peixoto Fernandes, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP.*

(página propositadamente em branco)

[esta folha só será preenchida pelo director do mestrado na versão final:

NÃO COLOCAR NA VERSÃO FINAL PROVISÓRIA]

Júri

Presidente

Doutor NOME COMPLETO

Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutora NOME COMPLETO

Professora Associada com Agregação, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Doutor NOME COMPLETO

Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutora NOME COMPLETO

Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

[esta folha será o verso da folha anterior e
só é preenchida pelo director do mestrado
e a incluir APENAS na versão final]

A dissertação de mestrado em engenharia geotécnica e geoambiente (MEGG) foi defendida em prova pública, pelo(a) Licenciado(a) XXXXXXXX, no Auditório de Geotecnia do Departamento de Engenharia Geotécnica (ISEP) em XX de XXXXX de 2021 mediante o júri nomeado, em que foi atribuída, por unanimidade, a classificação final de XX (XXXXXXX) valores, cuja fundamentação se encontra em acta.

"If you can't grow it, you have to mine it"...

EBCo

(página propositadamente em branco)

Agradecimentos

São devidos agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, tornaram possível a realização deste trabalho.

Ao meu Orientador, o Professor Doutor José Augusto Fernandes, por me ter permitido realizar esta dissertação sob a sua alçada, pelo desafio que me propôs e pelo apoio e disponibilidade sempre demonstrada ao longo do meu percurso.

A todos os docentes da Licenciatura e do Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente, que partilharam o seu conhecimento e apoio ao longo dos meus anos de formação no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Com um especial carinho, à minha Mãe, pela toda a força e incentivo, amor e determinação que me tem transmitido e pela possibilidade e apoio que me deu para realizar esta etapa da minha vida, que culmina com a realização desta dissertação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu sucesso, o meu:

Muito Obrigado!

(página propositadamente em branco)

Palavras-chave

Recursos minerais; Indústria extrativa; Matérias-Primas; Pacto Ecológico Europeu; Estatística

Resumo

Os recursos minerais fazem parte do nosso quotidiano, as matérias-primas essenciais são fundamentais para o funcionamento e para a integridade de uma vasta gama de ecossistemas industriais. Estudando o comportamento e a interação de diversos fatores é possível antecipar acontecimentos, que possam vir a afetar a indústria extrativa, elaborando estratégias capazes de antecipar as oportunidades ou ameaças por estes criados. O presente trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise prospetiva à indústria extrativa em Portugal e avaliar quais os seus principais desafios. Pretende-se recolher e analisar informação relativa à indústria extrativa e aos recursos minerais existentes no país, realizando uma caracterização que procure explicar o comportamento da indústria ao longo dos anos. Numa abordagem inicial, é realizada uma reflexão sobre as questões relacionadas com a problemática das matérias-primas essenciais, a utilização dos recursos minerais e a influência do Pacto Ecológico Europeu na indústria mineira. Posteriormente, aborda-se a indústria extrativa, como é regida juridicamente, a natureza da indústria e como é feita a divisão por setores na perspetiva da especialização por produto final (DGEG). Numa fase seguinte, será feita a análise estatística aos dados, através de uma caracterização estatística dos setores e sua interpretação. Acompanhada de uma Análise de Componentes Principais, através da aplicação do software XLSTAT, com propósito de avaliar a independência e/ou correlação entre as variáveis estudadas. Por fim, é implementada uma análise SWOT seguida de uma síntese dos pontos mais importantes e conclusivos do estudo realizado.

(página propositadamente em branco)

Keywords

Mineral resources; Mining Industry; Raw materials; European Green Deal; Statistics.

Abstract

Mineral resources are part of our daily lives, and essential raw materials are crucial to the functioning and integrity of a wide range of industrial ecosystems. By studying the behaviour and interaction of several factors, it is possible to anticipate events that may affect the mining industry, elaborating strategies capable of predicting the opportunities or threats created by them. The main objective of this work is to carry out a prospective analysis of the mining industry in Portugal and observe its main challenges. First, information about the mining industry and the country's mineral resources was collected and analysed, performing then a characterisation that seeks to explain the behaviour of the sector over the years. In an initial approach, a reflection was carried out on issues related to the problem of critical raw materials, the use of mineral resources and the influence of the European Green Deal in the mining industry. Subsequently, the extractive industry is approached, how it is legally governed, the nature of the industry and how it is divided by sectors from a perspective of the final product of specialisation (DGEG). Later, statistical analysis of the data will be carried out through a statistical characterisation of the sectors and their interpretation, accompanied by a principal components analysis, through the application of the XLSTAT software to evaluate the independence and/or correlation between the studied variables. Finally, a SWOT analysis is implemented, followed by a summary of the study's most essential and conclusive points.

(página propositadamente em branco)

Índice Geral

Índice de figuras	xvii
Índice de tabelas	xix
Índice de acrónimos ou abreviaturas.....	xxi
1. Introdução.....	3
1.1. Âmbito.....	3
1.2. Enquadramento.....	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Estrutura da dissertação	4
1.5. Metodologia	5
2. Matérias-primas.....	9
2.1. Matérias-Primas Essenciais ou Críticas	9
2.2. A evolução da mineração e do uso das matérias-primas minerais.....	13
2.3. Recursos minerais e a sua exploração	16
2.3.1. Em Portugal	17
2.3.2. A nível Internacional.....	21
2.4. A questão das matérias-primas a nível internacional e a estratégia da U.E. no acesso às matérias-primas	24
2.5. As Matérias-Primas Essenciais e o Pacto Ecológico Europeu.....	28
3. A indústria extrativa	35
4. Dados.....	43
4.1. Recolha de Dados.....	43
4.2. Tratamento de Dados.....	44
4.2.1. Caracterização geral dos setores.....	44
4.2.2. Análise de Componentes Principais	46
4.2.2.1. XLSTAT	47
5. Análise de Dados.....	51
5.1. Estabelecimentos e Pessoal	51
5.2. Setores.....	61
5.2.1. Recursos Minerais Industriais	62
5.2.2. Recursos Minerais de Construção.....	65
5.2.3. Recursos de Minérios Metálicos	67
5.2.4. Recursos Minerais Energéticos	68
5.2.4.1. Carvão.....	68
5.2.4.2. Gás Natural.....	70
5.2.4.3. Petróleo	71
5.3. Análise em Componentes Principais.....	73
5.3.1. Análise preliminar	73
5.3.2. Análise à Produção	76
5.3.3. Análise à Importação.....	81
5.3.4. Análise à Exportação	85
5.3.5. Análise à Produção vs Importação vs Exportação.....	89
5.4. Análise SWOT	92
6. Conclusões.....	95
6.1. Considerações conclusivas.....	95
6.2. Perspetivas futuras.....	97
Referências Bibliográficas	101
Anexos.....	105

(página propositadamente em branco)

Índice de figuras

Figura 1: Metodologia	6
Figura 2: Evolução dos elementos utilizados na indústria energética (adaptado de Correia (2021))	13
Figura 3: Evolução da Indústria mineira por Continente ao longo de 2 séculos (adaptado de Correia (2021))	14
Figura 4: Minerais utilizados em tecnologias energéticas verdes (adaptado de Kim (2021))	15
Figura 5: Tempos médios globais desde a descoberta até à produção, 2010-2019 (adaptado de Kim (2021))	16
Figura 6: Principais localizações dos recursos minerais em Portugal (adaptado de Carvalho, 2010)	21
Figura 7: Principais depósitos minerais da Europa (BRGM, 2020)	22
Figura 8: Depósitos de Matérias-Primas Essenciais UE-27 (2020) (adaptado de <i>EuroGeoSurveys</i> e Comissão Europeia (2020))	23
Figura 9: Maiores produtores de minerais selecionados, 2019 e 2025 (adaptado de (Kim, 2021))	23
Figura 10: Principais países fornecedores de MPE à U.E. (adaptado de (Comissão Europeia, 2020))	25
Figura 11: Cadeia de abastecimento global de minerais e metais essenciais para a UE (adaptado de Arvanitidis & Norlin (2017) e Oliveira <i>et al.</i> (2020))	26
Figura 12: Top 3 de países produtores, valores totais, para minerais e combustíveis selecionados, 2019 (adaptado de Kim (2021))	27
Figura 13: Volume do processamento por país para minerais selecionados, 2019 (adaptado de Kim (2021))	27
Figura 14: Objetivos da estratégia do Pacto Ecológico Europeu (Comissão Europeia, 2020)	28
Figura 15: Pacto Ecológico Europeu (adaptado de (Comissão Europeia, 2020))	29
Figura 16: Contributo da reciclagem para satisfazer a procura de materiais (taxa de reciclagem de produtos) (Comissão Europeia, 2020)	32
Figura 17: Ciclo da Indústria Extrativa	37
Figura 18: Classificação por setores da Indústria Extrativa em Portugal, segundo a DGEG	37
Figura 19: Etapa 1 - XLSTAT	47
Figura 20: Etapa 2 – XLSTAT	48
Figura 21: Etapa 3 – XLSTAT	48
Figura 22: Etapa 4 - XLSTAT	49
Figura 23: Etapa 5 – XLSTAT	49
Figura 24: Etapa 6 - XLSTAT	50
Figura 25: Etapa 7 - XLSTAT	50
Figura 26: Total de Estabelecimentos (Pedreiras vs. Minas) (DGEG, 2021)	52
Figura 27: Comparação entre exploração de minerais industriais em pedreira e em minas (DGEG, 2021)	53
Figura 28: Nº de Minas com atividade produtiva declarada (DGEG, 2021)	53
Figura 29: Nº de minas em atividade por subsetor (DGEG, 2021)	54
Figura 30: Pessoal ao serviço (em minas) por tipo de função (DGEG, 2021)	54
Figura 31: Minas - Pessoal ao serviço (dirigentes, administrativos e técnicos) por setor (DGEG, 2021)	55
Figura 32: Minas - Pessoal ao serviço (encarregados e operários) por setor (DGEG, 2021)	56
Figura 33: Nº Pedreiras em atividade por subsetor (DGEG, 2021)	57
Figura 34: Pessoal ao serviço (em pedreiras) por tipo de função (DGEG, 2021)	57
Figura 35: Pedreiras por subsetor: a) Cimento e Cal, b) Rochas Ornamentais, c) Agregados, d) Min. Industriais (DGEG, 2021)	58
Figura 36: Pessoal ao serviço em Pedreiras por setor e ano (DGEG, 2021)	59

Figura 37: Pedreiras - Pessoal ao serviço (dirigentes, administrativos e técnicos) por setor (DGEG, 2021).....	59
Figura 38: Pedreiras - Pessoal ao serviço (encarregados e operários) por setor (DGEG, 2021)	60
Figura 39: Exemplo do Pessoal ao Serviço em Pedreiras em 2020 (DGEG, 2021)	60
Figura 40: Produção comercial em Minas e Pedreiras (ton) 2020 (DGEG, 2021)	61
Figura 41: Produção comercial em Minas e Pedreiras (10 ³ €) 2020 (DGEG, 2021).....	61
Figura 42: Produção comercial em Minas e Pedreiras, por subsetor (ton) 2020 (DGEG, 2021).....	61
Figura 43: Produção comercial em Minas e Pedreiras, por subsetor (103 €) 2020 (DGEG, 2021) .	61
Figura 44: Produção de Minerais Industriais, por subsetor - em toneladas (DGEG, 2021)	62
Figura 45: Produção de Minerais Industriais, por subsetor - em euros (DGEG, 2021)	63
Figura 46: Produção Nacional do subsetor das Argilas e Caulinos (DGEG, 2021).....	64
Figura 47: Produção Nacional do subsetor dos outros minerais industriais (DGEG, 2021)	64
Figura 48: Produção de Minerais de Construção, por subsetor - em toneladas (DGEG, 2021).....	65
Figura 49: Produção de Minerais de Construção, por subsetor - em euros (DGEG, 2021).....	66
Figura 50: Produção Nacional dos 3 Subsetores dos Minerais de Construção (DGEG, 2021)	66
Figura 51: Produção de Minérios metálicos - em toneladas (à esquerda) e em euros (à direita) (DGEG, 2021)	67
Figura 52: Produção Nacional por tipo de minério metálico (DGEG, 2021).....	67
Figura 53: Tipo de Consumo de Carvão em Portugal por ano 2000-2016 (DGEG, 2021)	69
Figura 54: Importações de Gás Natural por tipo de transporte (DGEG, 2021)	70
Figura 55: Origem das Importações de Gás Natural via Gasoduto (DGEG, 2021)	71
Figura 56: Origem das Importações de Gás Natural via marítima (DGEG, 2021)	71
Figura 57: Importações de petróleo bruto (2000, 2009 e 2019) (DGEG, 2021).....	72
Figura 58: <i>Screeplots</i>	74
Figura 59: Biplot PCA Minérios Industriais - Produção em Toneladas	78
Figura 60: Biplot PCA Minérios Construção - Produção em Toneladas	79
Figura 61: Biplot PCA Minérios Metálicos - Produção em Toneladas	80
Figura 62: Biplot PCA Minérios Industrial - Importação em Toneladas	82
Figura 63: Biplot PCA Minérios Construção - Importação em Toneladas	83
Figura 64: Biplot PCA Minérios Metálicos de Importação em Toneladas	84
Figura 65: Biplot PCA Minérios Industrial - Exportação em Toneladas.....	86
Figura 66: Biplot PCA Minérios de Construção - Exportação em Toneladas.....	87
Figura 67: Biplot PCA Minérios Metálicos - Exportação em Toneladas	88
Figura 68: Biplot PCA Minérios Industriais - Produção vs Importação vs Exportação (em Toneladas)	90
Figura 69: Biplot PCA Minérios Metálicos - Produção vs Importação vs Exportação (em Toneladas)	91

Índice de tabelas

Tabela 1: Matérias-primas essenciais 2020 (Comissão Europeia, 2020)	11
Tabela 2: Aplicações das Matérias-primas essenciais por tipo de indústria (Adaptado de (Comissão Europeia, 2020))	12
Tabela 3: Breve resumo do tipo de rocha explorado pela indústria nacional	17
Tabela 4: Plano de Ação da UE para as Matérias-Primas (adaptado de (Comissão Europeia, 2020))	32
Tabela 5: Legenda de Minerais utilizada na análise PCA	44
Tabela 6: Importação e Exportação de Carvão Mineral (em toneladas e Euros).....	69
Tabela 7: Análise SWOT.....	92

(página propositadamente em branco)

Índice de acrónimos ou abreviaturas

ACP / PCA - Análise de Componentes Principais / Principal Components Analysis

CE / EC – Comissão Europeia

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

EUA – Estados Unidos da América

€ - Euro

GNL – Gás Natural Liquefeito

km – quilómetro

Nm³ - Metro cúbico nas condições normais (temperatura de 0º C e pressão de 101,325 kPa)

10³ – Milhares

MPE – Matérias-Primas Essenciais

% - percentagem

PIB – Produto Interno Bruto

SWOT - Strengths, Weakness, Opportunities, and Threats

UE / EU – União Europeia

USGS – United States Geological Survey

VMS – Maciços de Sulfuretos Vulcanogénicos

(página propositadamente em branco)

Capítulo I

Introdução

(página propositadamente em branco)

1. Introdução

1.1. Âmbito

A elaboração desta dissertação e sua defesa pública enquadra-se no âmbito da unidade curricular “Dissertação/Projeto/Estágio”, do 2º ano do Curso de Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do Departamento de Engenharia Geotécnica (DEG), do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), do Politécnico do Porto (P. Porto), tendo sido fundamentais para a conclusão do 2º ciclo de estudos e consequente obtenção do grau de Mestre.

1.2. Enquadramento

Portugal tem uma forte tradição na indústria extrativa e, apesar da sua pequena dimensão geográfica, tem potencial a nível geológico, já que possui georrecursos bastante diversificados. Esta atividade industrial está limitada à localização natural dos recursos, e tem um carácter temporal restrito, sendo necessário maximizar os recursos extraídos com a sustentabilidade económica e ambiental, bem como a responsabilidade social para com as populações locais.

Entende-se, e porque estamos numa época de mudança de paradigma, que se deve deixar a natureza de forma igual ou melhor de como se a encontrou, e a atividade extrativa é algo que cria cicatrizes profundas na Terra. Mas é para isso que existem os planos de recuperação ambiental e territorial, para dar nova vida a locais devastados pela mão-humana. Com o novo Pacto Ecológico Europeu não se pode aceitar as técnicas do passado, pois há que melhorar a forma de trabalho e, consequentemente, também se melhora o produto que se obtém.

É interessante ver como a nossa indústria se adapta e responde às necessidades de mercado interno e internacional, como responde às crises e aos novos desafios, como por exemplo, às alterações de fontes energéticas de fontes fósseis para fontes renováveis e para a utilização de baterias com base em minérios. Estes que estão presentes no nosso território, mas a sua exploração não está vocacionada para essa finalidade e as reservas que existem estão a sofrer entraves a nível social para a sua prospeção e possível exploração. Ainda no âmbito das necessidades energéticas é importante assegurar uma fonte de abastecimento segura e confiável para o mercado nacional e europeu.

1.3. Objetivos

De um modo geral, o principal objetivo desta dissertação é realizar uma análise prospetiva à indústria extrativa em Portugal e observar quais os seus principais desafios. Sendo assim, e de forma a alcançar o principal objetivo da dissertação, importa salientar os seguintes objetivos secundários:

- Recolha e Análise de informação relativa à Indústria Extrativa e aos Recursos Minerais em Portugal;
- Caracterização da indústria extrativa em Portugal;
- Procurar explicações para o comportamento da indústria ao longo dos anos;
- Tentar aferir a influência dos mercados e eventos internacionais na indústria;
- Análise SWOT
- Aplicação da análise ACP para avaliação da dependência/independência das unidades medidas;

1.4. Estrutura da dissertação

Neste ponto será definida a organização do presente documento. Assim, serão sucintamente apresentados todos os capítulos individualmente, referindo os aspetos mais importantes de cada um:

- **Capítulo I – Introdução**

Neste capítulo, onde se insere este ponto, serão abordadas as informações de base necessárias para uma contextualização e enquadramento da dissertação. Ainda se expõe quais os principais objetivos a atingir com a mesma e a metodologia para os atingir.

- **Capítulo II – Matérias-Primas**

Neste capítulo serão apresentados conceitos relevantes na área das matérias-primas, introduzindo a evolução da utilização dos materiais, o modo como a mineração foi influenciada e

como surgem as matérias-primas essenciais. Abordar-se-á também a exploração dos recursos minerais a nível nacional e internacional, e implicações nas cadeias de abastecimento. No final, uma reflexão sobre as questões relacionadas com a problemática das matérias-primas essenciais, utilização de georrecurso e o *Green Deal* Europeu.

▪ **Capítulo III – A indústria extrativa**

Neste capítulo será feita uma resenha à indústria extrativa, o seu regime jurídico em Portugal, definições de interesse, ciclo e a classificação por setores utilizada segundo a DGEG.

A nomenclatura utilizada ao longo da dissertação corresponde à utilizada pela DGEG nas estatísticas oficiais anualmente publicadas.

▪ **Capítulo IV – Recolha e análise de dados**

Neste capítulo são apresentadas as fontes dos dados utilizados para a elaboração desta tese e o tratamento estatístico a que foram sujeitos, um resumo dos conceitos teóricos da teoria da análise de componentes principais e um guião do software XLSTAT.

De seguida é feita a análise destes dados, através de uma caracterização estatística dos setores e sua interpretação. Com recurso aos dados obtidos anteriormente, será realizada uma PCA, através do XLSTAT, com o propósito de avaliar a dependência/independência entre as variáveis estudadas. Por último, ainda neste capítulo e com base nas análises efetuadas, será implementada uma análise SWOT relativa aos setores estudados.

▪ **Capítulo V – Considerações finais**

No último capítulo, será realizada um resumo dos pontos mais importantes e conclusivos do estudo realizado, bem como algumas perspetivas futuras.

Por fim, apresenta-se a listagem das Referências Bibliográficas consultadas e referidas ao longo do desenvolvimento deste documento.

1.5. Metodologia

A figura 1 apresenta uma representação esquemática da metodologia definida para a presente dissertação:

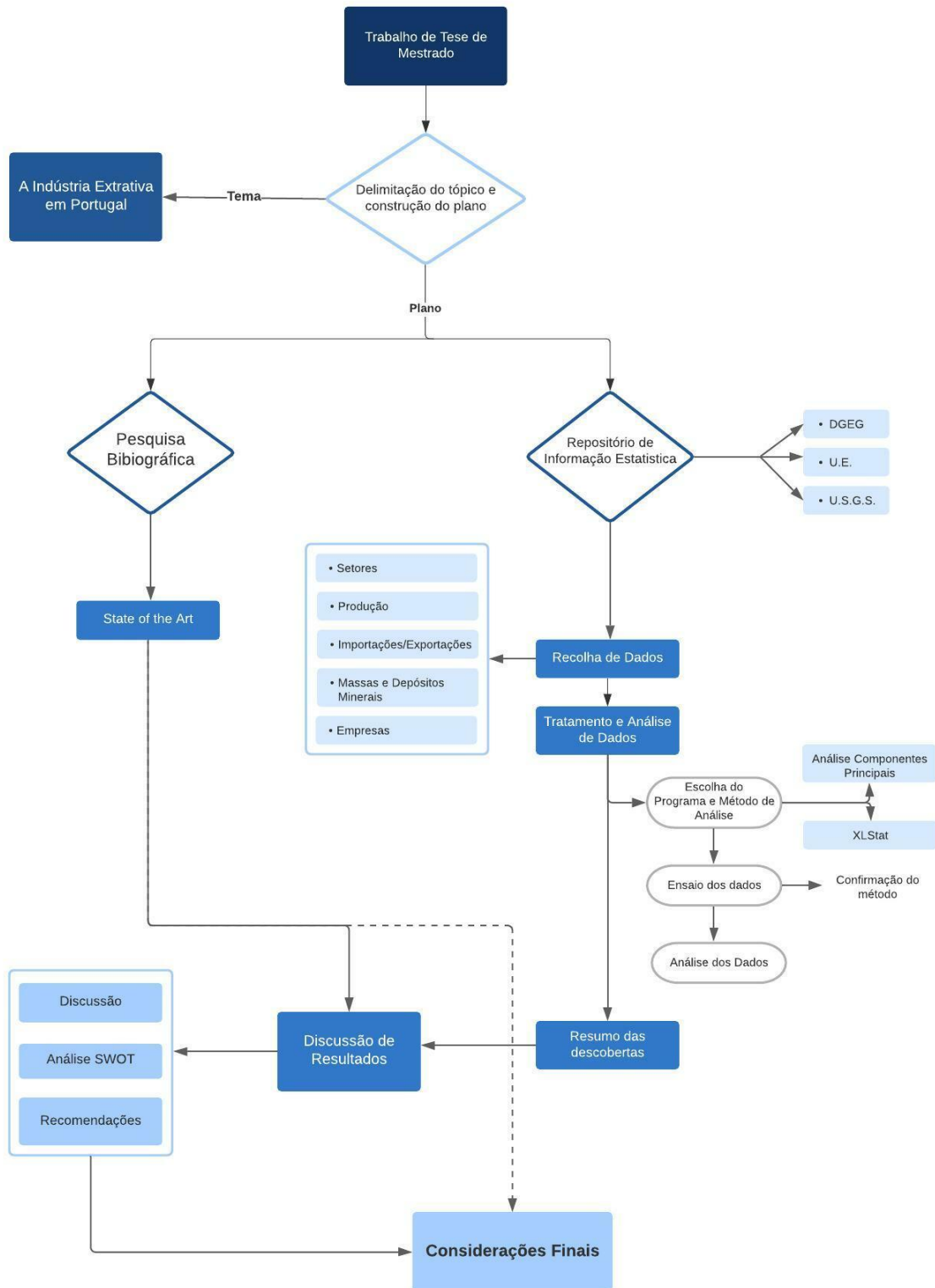


Figura 1: Metodologia

Capítulo II

Matérias-Primas

(página propositadamente em branco)

2. Matérias-primas

As matérias-primas (do latim *materia*-, «matéria» +*prima*-, «primeira») ou *Raw Materials*, são no sentido mais simples da palavra, a substância principal ou essencial de que algo é feito. Estes materiais são extraídos ou obtidos diretamente da Natureza (por explorações florestais, agrícolas ou minerais), e constituem a primeira fase de uma cadeia de transformações para a obtenção de um produto final (Infopedia A, 2021).

2.1. Matérias-Primas Essenciais ou Críticas

Os metais, os minerais e os materiais naturais fazem parte das nossas vidas quotidianas. Às matérias-primas de maior importância económica e elevado risco de escassez de aprovisionamento chama-se matérias-primas essenciais ou críticas. As matérias-primas essenciais são fundamentais para o funcionamento e para a integridade de uma vasta gama de ecossistemas industriais (Comissão Europeia, 2020). Em diversos estudos e políticas, surge o termo “matéria-prima estratégica”, termo este que identifica os materiais que podem ser utilizados para fins militares (Comissão Europeia, 2010). Como não iremos fazer juízos quanto a estas questões durante esta tese, o termo a utilizar será o “crítico” ou “essencial”.

No entanto, será relevante referir que a importância industrial e estratégico-militar de determinadas matérias-primas, pode implicar uma tentativa de controlo externo (político, económico ou mediante ações militares) por parte de países importadores, sobre as jazidas e respetiva exploração. Isto deve-se à necessidade da manutenção do fluxo regular e constante deste tipo de materiais para não afetar a própria indústria e economia (Infopedia A, 2021).

Desde 2011 que a Comissão Europeia publica uma lista de matérias-primas essenciais para a União Europeia, renovada a cada três anos (Bobba et al., 2020).

A avaliação da criticabilidade é baseada em dois parâmetros principais: a sua importância económica e o risco de escassez (Bobba et al., 2020). Este tipo de avaliação só poderá captar o grau de criticabilidade de uma matéria-prima num determinado ponto no tempo, já que depende de vários fatores geológicos, políticos e técnicos, daí o período de validade de três anos. E também não deve ser considerada como fixa, devendo então ser realizada uma monitorização regular e consequente atualização desta lista de materiais (Comissão Europeia, 2010). Uma

matéria-prima que possa ter sido considerada como crítica há uns anos, pode não o ser no presente, e vice-versa, uma que é considerada como crítica neste momento no futuro poderá não o ser.

Relativamente aos parâmetros de avaliação: a avaliação económica analisa em detalhe o destino final das matérias-primas, tendo em conta as suas aplicações industriais. Por seu lado, o risco de escassez engloba vários parâmetros, como por exemplo, a concentração a nível de país da produção mundial de matérias-primas primárias e do aprovisionamento para a UE, a governação dos países fornecedores, incluindo os aspetos ambientais, o contributo da reciclagem (ou seja, matérias-primas secundárias), a substituição, a dependência da UE das importações e as restrições comerciais a países terceiros (Comissão Europeia, 2020) (Bobba et al, 2020).

Estes fatores são considerados como dados do passado recente, e são utilizados para fazer uma avaliação relativa à concentração da oferta e da demanda de matérias-primas, não sendo possível nem aconselhável fazer previsões para as tendências futuras (Bobba et al, 2020), mostra ainda como é que a noção de matéria-prima essencial tem evoluído desde a publicação da primeira lista.

Como produto final desta avaliação temos uma lista de matérias-primas essenciais, que é utilizada pela Comissão Europeia como uma ferramenta factual e atual para apoiar o desenvolvimento das políticas comerciais, ajudando a identificar as necessidades de investimento e a orientar as prioridades de investigação e inovação. Desta, interessando-nos especialmente as novas tecnologias mineiras, de substituição e reciclagem (Bobba et al, 2020).

Na tabela 1, é possível visualizar as matérias-primas que compõem a lista da União Europeia para 2020. A bauxita, o lítio, o titânio e o estrôncio foram adicionados pela primeira vez em 2020 (a negrito na tabela 1). Esta lista contém 30 elementos, valor que tem vindo a subir quando comparamos com as listas anteriores, em 2011 eram 14 matérias-primas/minerais, em 2014 eram 20 matérias-primas/minerais e em 2017 a lista era composta por 27 elementos (Comissão Europeia, 2020). O aumento do número e tipo de elementos que têm vindo a incrementar esta lista de matérias-primas/minerais essenciais, reflete o novo paradigma mundial, as aplicações e as tecnologias emergentes e inovações tecnológicas (Comissão Europeia, 2010), havendo então necessidade de assegurar o controlo e abastecimento da indústria europeia.

Na tabela 2 é possível verificar as aplicações das diferentes matérias-primas/minerais essenciais nas diferentes indústrias, e também como uma MPE tem uma aplicação prática transversal em várias indústrias, desde a indústria aeroespacial /defesa, eletrónica, agroalimentar, saúde ou construção, entre outras.

Tabela 1: Matérias-primas essenciais 2020 (Comissão Europeia, 2020)

Matérias-primas essenciais 2020	
Antimónio	Fósforo
Barite	Gálio
Bauxite	Germânio
Berílio	Grafite natural
Bismuto	Háfnio
Borato	Índio
Borracha natural	Lítio
Cobalto	Magnésio
Carvão de coque	MGP (platina, paládio, irídio, ródio, ruténio e ósmio)
Elementos de terras raras (ETR)	Nióbio
Escândio	Silício-metal
Estrôncio	Tântalo
Espatoflúor	Titânio
Fosfato natural	Tungsténio
Espatoflúor	Vanádio

Nota: As Terras Raras incluem ytrio, escândio, e os lantanídeos (lantânio, cério, praseodímio, neodímio, proméio, samário, európio, gadolínio térbio, disprósio, hólmio, érbio, túlio, yterbio e lutécio).

Tabela 2: Aplicações das Matérias-primas essenciais por tipo de indústria (Adaptado de (Comissão Europeia, 2020))

	Indústria aeroespacial /defesa	Têxteis	Eletrônica	Mobilidade/ indústria automóvel	Indústrias com utilização intensiva de energia	Energias renováveis	Agro alimentar	Saúde	Digital	Construção	Comércio retalhista
Antimônio	✓	✓		✓						✓	
Barite				✓	✓			✓		✓	
Bauxite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Berílio	✓		✓	✓		✓			✓		
Bismuto	✓		✓		✓			✓	✓	✓	
Borato	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Cobalto	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
Carvão de coque				✓	✓	✓					
Espatoflúor					✓		✓				✓
Gálio	✓		✓	✓		✓			✓	✓	
Germânio	✓		✓		✓	✓					
Háfnio	✓		✓		✓	✓			✓		
Índio	✓		✓			✓			✓		
Lítio	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓		
Magnésio	✓		✓	✓	✓				✓	✓	
Grafite natural	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Borracha natural	✓	✓		✓				✓			
Nióbio	✓		✓	✓	✓			✓		✓	
Fosfato natural					✓		✓				
Fósforo	✓				✓		✓				
Escândio	✓			✓		✓					
Silício-metal	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
Estrôncio	✓		✓		✓			✓		✓	
Tântalo	✓		✓		✓	✓			✓		
Titânio	✓		✓	✓	✓			✓		✓	
Tungstênio	✓		✓	✓	✓			✓			
Vanádio	✓			✓	✓	✓		✓		✓	
MGP	✓		✓	✓	✓	✓		✓			
ETRP	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	
ETRL	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	

2.2. A evolução da mineração e do uso das matérias-primas minerais

É impossível separar os minerais da evolução do Homem e da civilização como a conhecemos. Desde a pré-história que a humanidade obtém algum tipo de proveito de pedras para o fabrico de ferramentas rudimentares, utilizando inicialmente o sílex e outras rochas siliciosas semelhantes. Procedeu-se para o desenvolvimento de pedreiras rudimentares e de igual forma minas subterrâneas, com o evoluir das necessidades e capacidades do Homem, surge o interesse nos minérios metálicos, a utilização destes recursos como ornamentos e posteriormente o desenvolvimento da metalurgia. Isto vai marcar outra fase da evolução da Humanidade, com o surgimento da capacidade de produção de melhores ferramentas (utensílios e armas) a partir de ligas metálicas (bronze, cobre, chumbo, prata, ferro) (Navarro, 2006).

Destes estes primórdios da Humanidade, sempre que se atingiam pontos críticos, a mineração dava grandes saltos na sua evolução, como por exemplo, na remoção de água das minas de forma automática, a utilização de carris para movimentação de minério dentro das minas, a primeira utilização de explosivos para o avanço das frentes de desmonte, a utilização de equipamentos pneumáticos, a utilização de eletricidade dentro das minas, o aumento das condições de segurança para os mineiros, e a evolução dos próprios métodos de lavra.

Embora a mineração tenha uma longa história em todo o planeta, com o advento da Revolução Industrial, ocorreu a transição para os novos processos de produção em massa, com maior eficácia. Surge também a necessidade de extrair diferentes elementos para dar resposta a diferentes necessidades. A figura 2 demonstra isto mesmo, a evolução das matérias-primas que eram consideradas essenciais em 1700 e as que são neste novo milénio.

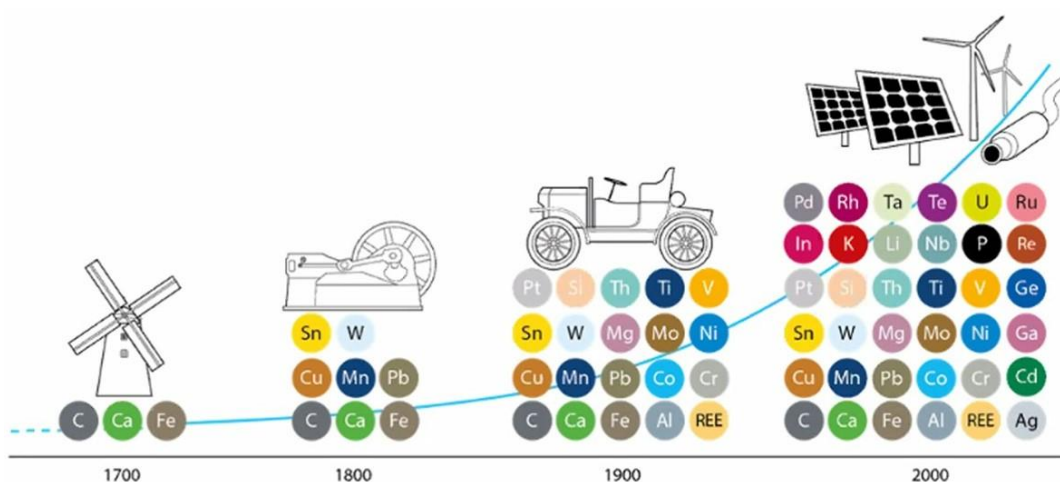


Figura 2: Evolução dos elementos utilizados na indústria energética (adaptado de Correia (2021))

Por outro lado, é possível observar como o foco da indústria mineira se tem desviado da Europa (Figura 3). Sendo esta, a potência e local principal no século XIX, para diminuir a sua capacidade de produção até que atualmente tem a menor percentagem de mercado. Os EUA aumentaram a sua capacidade produtiva com a sua Independência, o desenvolvimento da sua indústria e a entrada nas Grandes Guerras Mundiais, mas a partir da época da Guerra Fria também começaram a diminuir a sua capacidade produtiva, neste caso, não pela depleção das reservas, mas por prováveis questões de estratégia nacional.

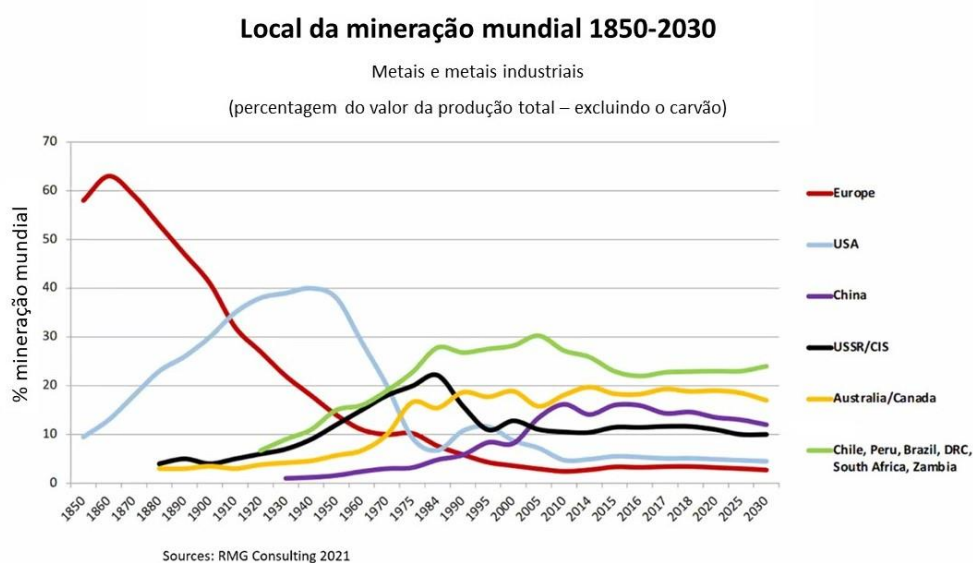


Figura 3: Evolução da Indústria mineira por Continente ao longo de 2 séculos (adaptado de Correia (2021))

É interessante verificar que no virar do século XX, o declínio da mineração na Europa coincide com o aumento da extração nos outros locais, além dos depósitos que começam a ficar exaustos, as políticas migratórias e guerras que assolaram o continente, o poder colonial estava a começar a fraturar-se e o conhecimento técnico a espalhar-se pelos restantes países. Os novos países que surgem, na América do Sul e África, em meados do século XX como locais de mineração, não têm nesta altura tantas restrições (quer a nível de segurança ou ambiental) como os países tradicionalmente mineiros, o que a par da necessidade dos elementos que aqui são encontrados e assim como do seu valor comercial, faz com que seja uma atividade rentável. Quanto à Austrália e Canadá, devido à imigração, são os ‘descendentes’ da indústria mineira europeia, tendo herdado as normas e políticas de trabalho e tendo sido capazes de se manter como maiores produtores a nível mundial. A URSS/Rússia tem uma variação de produção muito associada às restrições políticas. Por seu lado a China também tem vindo a aumentar a sua capacidade de produção interna.

Como mencionado anteriormente, as matérias-primas essenciais estão de tal forma integrados em diferentes ecossistemas industriais, que não seria possível funcionarem sem a sua aplicação ou total reestruturação dos sistemas. A título de exemplo: para o desempenho, longevidade e densidade energética de baterias são necessários: lítio, níquel, cobalto, manganês e grafite; para determinados componentes das turbinas eólicas e motores EV – terras-raras; para as redes energéticas: cobre e alumínio; de forma geral para qualquer tecnologia elétrica/eletrónica o cobre é um elemento essencial; os telefones precisam de tungsténio e os LED de gálio e índio; os semicondutores precisam de silício-metal, as células de combustível de hidrogénio e os eletrolisadores não funcionam sem metais do grupo da platina (Comissão Europeia, 2020) (Kim, 2021).

A mudança no paradigma para um sistema de energias limpas, está a levar a um aumento na demanda por este tipo de matérias-primas, o que significa que o setor da energia renovável está a tornar-se numa das maiores forças movimentadoras de mercado (figura 4).

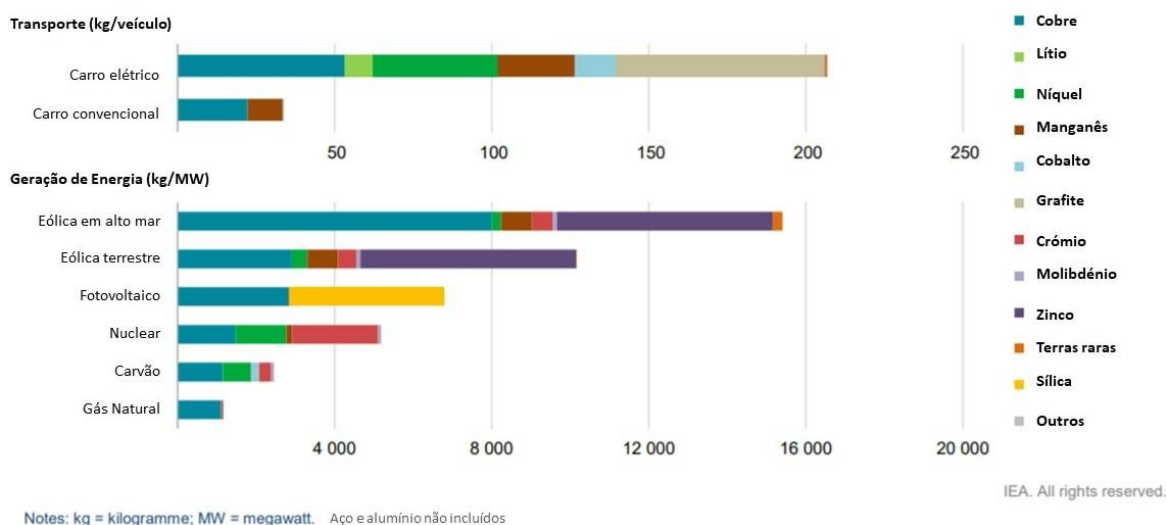


Figura 4: Minerais utilizados em tecnologias energéticas verdes (adaptado de Kim (2021))

Até meados de 2010, o setor da energia representava uma pequena parte do total da demanda para a maior parte dos minerais, no entanto, com a transição energética em curso, segundo algumas previsões entende-se que a procura por cobre e terras-raras aumente em 40%, por níquel e cobalto em 60-70% e por lítio em quase 90% (Kim, 2021). Segundo a previsão do Banco Mundial, com a procura de metais e minerais para a descarbonização, os acumuladores elétricos/baterias terão um enfoque central, e os metais relevantes (alumínio, cobalto, ferro, chumbo, lítio, manganês e níquel) para a sua manufatura aumentariam em 1000% até 2050

(considerando um cenário de aumento da temperatura de 2°C, em comparação com um cenário de manutenção do *statu quo*) (Comissão Europeia, 2020).

Por seu lado a OCDE, supõe que “apesar das melhorias na intensidade de utilização de materiais e da eficiência na utilização dos recursos e do crescimento da quota dos serviços na economia, a utilização de materiais a nível mundial duplicará, passando de 79 mil milhões de toneladas em 2011 para 167 mil milhões de toneladas em 2060 (+110 %)”. É, no entanto, importante ressaltar que aqui, a OCDE está a considerar todo o tipo de recursos, mesmo os abundantes, os de construção e a madeira, considerando apenas as MPE, as previsões: “deverão passar de oito mil milhões para 20 mil milhões de toneladas em 2060 (+150 %)” (Comissão Europeia, 2020).

Conhecendo estas projeções e sabendo de antemão que as restrições do mercado podem aparecer muito mais rapidamente do que novos projetos, é necessário ter em consideração o tempo que é necessário desde a descoberta de novas jazidas minerais até à capacidade de produção plena de novas matérias-primas (figura 5) (Kim, 2021).

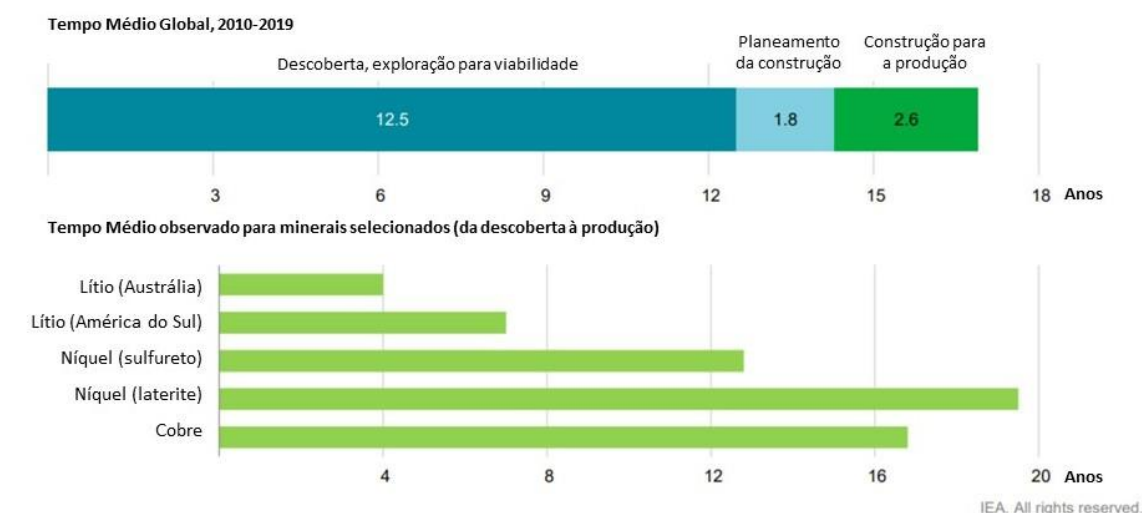


Figura 5: Tempos médios globais desde a descoberta até à produção, 2010-2019 (adaptado de Kim (2021))

2.3. Recursos minerais e a sua exploração

Os recursos minerais são as substâncias mineralógicas formadas por processos geológicos na crosta terrestre que podem ser utilizados e economicamente explorados pelo Homem (Infopedia B, 2021).

Diferentes tipos de rochas contêm diferentes tipos de minerais. Os minerais metálicos como o cobre, níquel, platina, cromo e ferro, são encontrados principalmente em rochas ígneas e

metamórficas. Em rochas sedimentares, é possível encontrar minerais não-metálicos como o calcário e o fosfato, ou minerais metálicos como o manganês. Os combustíveis minerais, tais como o carvão e o petróleo também podem ser encontrados neste tipo de maciços.

2.3.1. Em Portugal

Existem vestígios da exploração e utilização dos recursos minerais de forma quase ininterrupta, em território nacional desde pelo menos o período romano.

Portugal tem recursos minerais metálicos e não metálicos, como o cobre, feldspato, caulino, calcário, mármore, prata, estanho e zinco, bem como recursos minerais estratégicos, como o lítio, o nióbio, o tântalo e as terras raras, e no mar, o cobalto, níquel, manganês e depósitos de sulfuretos polimetálicos (Silva, 2020).

O norte, o centro e o sul de Portugal apresentam do ponto de vista geológico aspetos muito distintos, variando assim a natureza e características dos recursos minerais que ocorrem em cada uma destas regiões. É possível dividir Portugal continental em três grandes unidades geológicas: o Maciço Antigo, as Orlas Mesocenozóicas (Ocidental e Meridional) e as Bacias do Tejo e do Sado.

De acordo com os tipos de rocha e grupos petrográficos sabemos que: em zonas compostas por rochas ígneas podemos encontrar fundamentalmente granitos e outras rochas similares; em zonas constituídas por rochas metamórficas podemos encontrar principalmente mármore, xistos ou outras rochas metamórficas; e em zonas formadas por rochas sedimentares podemos encontrar sobretudo calcários, dolomitos ou brechas.

Com base nisto podemos inferir o que a indústria extrativa nas diferentes unidades geológicas portuguesas explora (tabela 3). Na figura 6 apresenta-se a localização dos principais recursos minerais em Portugal.

Tabela 3: Breve resumo do tipo de rocha explorado pela indústria nacional

	Unidade Geológica	Petrografia	Tipo de Rocha
Maciço Antigo	Zona Centro-Ibérica	Rochas Ígneas	Rochas Granitoides
	Zona Ossa Morena	Rochas Metamórficas	Mármore
		Rochas Ígneas	Rochas Granitoides
	Zona Sul-Portuguesa	Rochas Metamórficas	Xistos
Orla Mesocenozóica	Ocidental	Rochas Sedimentares	Calcários e Margas
	Meridional		Calcário, Areia, Argila e Sal-Gema
Bacia do Tejo e do Sado		Rochas Sedimentares	Areias e Seixo

De uma forma mais aprofundada:

O Maciço Antigo ou Hespérico é constituído pelas rochas mais antigas da Península Ibérica, correspondendo a idades geológicas compreendidas entre o Precâmbrico e o Paleozóico, e coberto por depósitos detríticos discordantes de idade Terciária e Quaternária, cuja espessura não ultrapassa os 200-300 metros. Nos finais da orogenia Hercínica, o Maciço Hespérico foi recortado, no decurso de dois importantes episódios, por uma densa rede de fraturas. O primeiro deles originou fraturas com orientação NNE-SSW e um sistema conjugado NNW-SSE. O segundo originou fraturas com orientação aproximada E-W, as quais estão, algumas vezes, preenchidas por filões de rocha básica (LNEG, 2021)

Esta unidade geológica representa aproximadamente dois terços do território nacional, e podem definir-se zonas de acordo com as suas características paleogeográficas, tectónicas, metamórficas e plutónicas distintas, muitas vezes separadas por importantes acidentes cavalgantes. No sector ibérico as estruturas têm direção predominante NW-SE, e divide-se em cinco unidades geotécnicas: Zona Cantábrica (ZC), Zona Oeste Asturiana-Lionesa (ZAOL), Zona Centro-Ibérica (ZCI), Sub-Zona da Galiza-Média – Trás-os-Montes (SGTM), Zona Ossa Morena (ZOM), Zona Sul-Portuguesa (ZSP) (LNEG, 2021).

Destas, apenas três atravessam o território português:

- Zona Centro-Ibérica (ZCI): Caracteriza-se pela ocorrência de uma espessa sequência do tipo flysch (Precâmbrico Superior a Câmbrio) chamada Complexo Xisto-Grauváquico, sendo os quartzitos da base do Ordovícico discordantes em relação àquela. Sobrepondo-se aos quartzitos ocorrem rochas xistosas, por vezes ardosíferas, as quais têm interesse ornamental (por exemplo, ardósias de Valongo). O intenso magmatismo originou, sobretudo, granitóides das séries alcalina e calco-alcalina, estando as rochas básicas muito subordinadas.
 - Sub-Zona da Galiza-Média – Trás-os-Montes (SGTM): O sector NE da Zona Centro-Ibérica caracteriza-se pela presença de rochas de alto grau de metamorfismo e de composição básica e ultrabásica. Inclui os maciços de Morais e Bragança onde se situam os principais afloramentos de serpentinitos, anfíbolitos, xistos anfibólicos e outras rochas verdes, importantes do ponto de vista ornamental. Algumas lenticulas carbonatadas estão, por vezes, incluídas na formação metassedimentar encaixante dos maciços básicos, fornecendo algumas rochas com interesse ornamental (por exemplo, calcários de Castro Vicente).
- Zona Ossa Morena (ZOM): Nesta zona, o Precâmbrico é recoberto pelo conglomerado de base do Câmbrio, a que se seguem algumas formações de rochas carbonatadas as quais, por

metamorfismo, originaram mármore; os granitóides alcalinos e calco-alcalinos da zona de transição com a zona Centro-Ibérica revelam uma grande diversidade de granitoides; todos estes de grande interesse ornamental.

- Zona Sul-Portuguesa (ZSP): caracterizada pelo afloramento de uma espessa série xistograuváquica com vulcanitos intercalados. A série xistenta foi intruída, durante a orogenia alpina, pelos maciços anelares de Monchique e de Sines. O maciço de Monchique, que compreende unidades líticas de composição variada, é predominantemente constituído por rochas do tipo sienito nefelínico, com inegável interesse ornamental. O maciço de Sines é formado, predominantemente, por gabros e dioritos.

As Orlas Mesocenozóicas formaram-se, nas margens continentais da Península Ibérica, a oeste a Bordadura Ocidental ou Lusitania e a Sul a Bordadura Meridional, em relação com os episódios preliminares de abertura do Oceano Atlântico e da Mesogeia (LNEG, 2021) (Ribeiro et al, 1979).

- Orla Mesocenozóica Ocidental: terrenos que se depositaram numa bacia sedimentar, cuja abertura coincide com os primeiros estádios da abertura do Atlântico. Esta, forma uma fossa alongada, com orientação NNE-SSW, onde os sedimentos acumulados atingem uma espessura de 5 km de espessura. A leste encontra-se a individualizada do Maciço Antigo pela falha Porto-Coimbra-Tomar, a sul pelo ramo desta fratura, com direção NNE, que se estende até ao canhão de Setúbal e a ocidente por um *horst* hercínico.

Dada a reduzida largura da fossa, uma grande parte dos sedimentos mesozóicos foram depositados em área litoral e registam todas as oscilações do nível do mar. Daí as alternâncias de sedimentação grosseira e fina e as bruscas variações laterais de fácies que se originaram.

Podem distinguir-se três grandes séries, de acordo com a natureza do material: Rochas predominantemente detríticas, as mais abundantes, dominando na base do Mesozóico, no Jurássico Superior, no Cretácico durante o Terciário; Alternância de rochas margosas e detríticas, frequentes no Jurássico Superior e no Cretácico; Rochas francamente calcárias, constituindo os importantes maciços da Estremadura e da Serra da Arrábida.

O Maciço Calcário Estremenho fornece variedades de calcário com interesse ornamental em camadas do Jurássico médio. Na região de Montelavar (Sintra), e Montemor (Loures), camadas de calcário microcristalino de idade Cretácica são, produtoras de pedra com interesse ornamental. O maciço sub-vulcânico de Sintra, constituído predominantemente por granitos, sienitos e gabros, que intruiu no final do Cretácico, afetou, por contacto, algumas das unidades calcárias originando calcários compactos cuja exploração teve já certa

dimensão.

- Orla Mesocenozóica Meridional: é um acidentado estreito talude sedimentar de direção ENE-WSW, as séries tornam-se mais espessas de W para E, apresentando fácies de maior profundidade nesse sentido. No contacto com o Maciço Antigo (a norte) ocorrem níveis de conglomerados e grés vermelhos, de calcários dolomíticos com algumas intercalações de gesso e sal-gema, que apresentam interesse económico. Esta série inicial termina com um complexo vulcano-sedimentar, coberto por calcários dolomíticos. O Jurássico termina por uma espessa série de plataforma, na qual se intercalam calcários biogénicos e é recoberto por uma série Cretácica, também espessa, à qual se sobrepõe uma série Mio-Pliocénica fundamentalmente calco-arenítica.

Por fim, temos as Bacias do Tejo e do Sado, que resultam da instalação de dois importantes golfos que subdividiram a Orla Pós-Paleozóica ocidental (durante o Terciário). Os golfos funcionaram como zonas de subsidência que sofreram preenchimento de natureza detrítica. Os depósitos são sub-horizontais e a sua espessura é muito variável, admitindo-se um máximo de 1400 metros na bacia do Tejo. A bacia do Sado parece ser menos imponente (com menos de 500 metros de espessura). Predominam os níveis arenosos, mais ou menos grosseiros, com intercalações conglomeráticas e argilosas, e calcários lacustres (LNEG, 2021).

Também relevante é Faixa Piritosa Ibérica (no Sul da Península Ibérica), que é uma das áreas mais mineralizadas do Oeste da Europa e é geologicamente muito complexa. É constituída por depósitos maciços de sulfuretos vulcanogénicos (VMS), que datam do Devoniano Superior e do Carbonífero Inferior, e que foram depositados durante o vulcanismo félsico submarino. A massa metalogénica estende-se por aproximadamente 250 Km desde Sevilha (Espanha) até à costa atlântica no sudoeste de Portugal, sendo que metade desta faixa se encontra em território português. A Faixa Piritosa Ibérica é considerada a principal fonte de metais básicos na União Europeia e está sob extensa exploração para obtenção de diversos minerais metálicos, como o cobre, o ouro e o chumbo (Abdale, 2020). No Norte de Portugal os recursos minerais não metálicos mais relevantes são os jazigos pegmatíticos com quartzo feldspato, berilo e lítio.

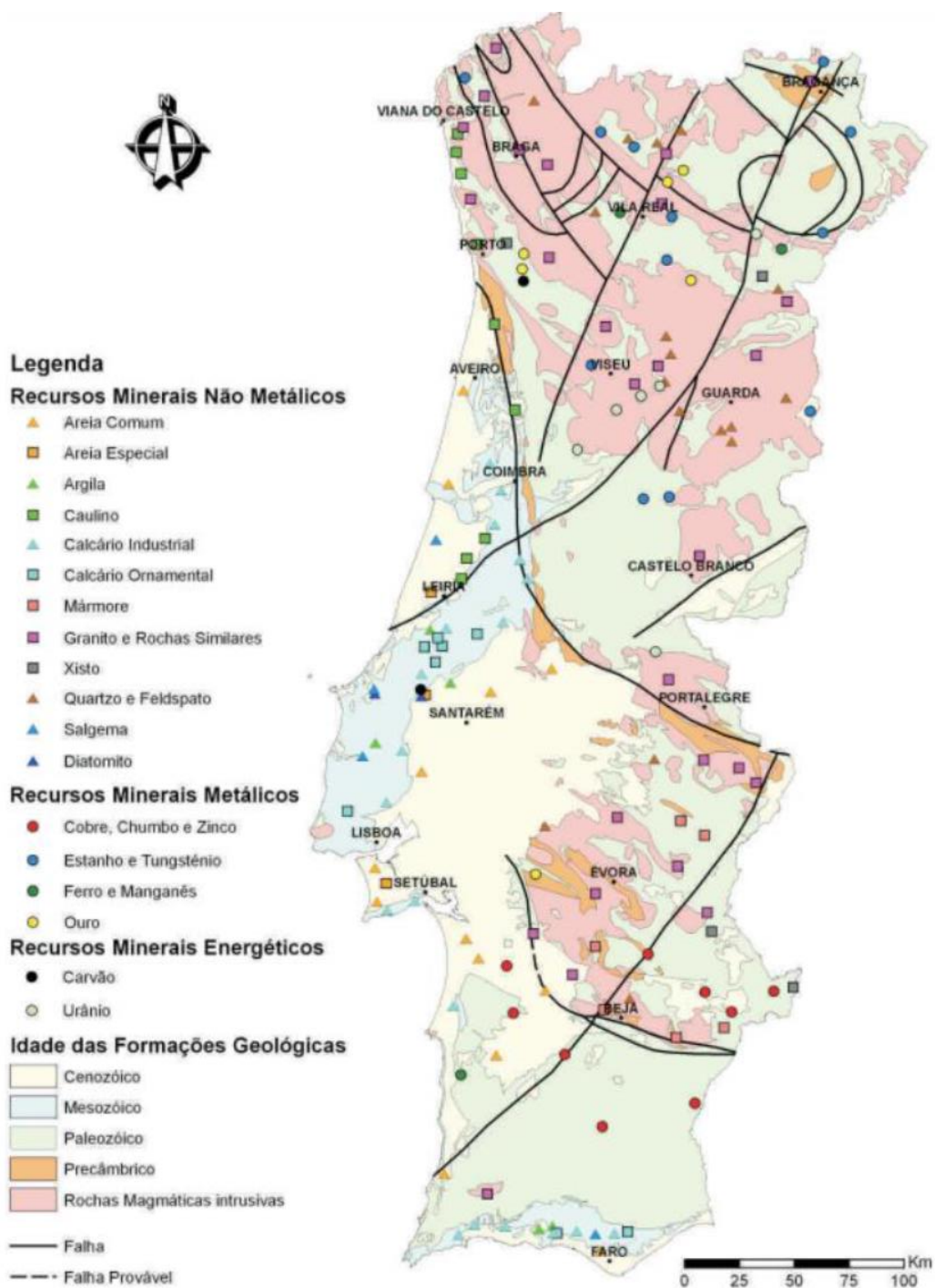


Figura 6: Principais localizações dos recursos minerais em Portugal (adaptado de Carvalho, 2010)

2.3.2. A nível Internacional

Considerando a Europa, a Suécia possui depósitos naturais de vários minerais diferentes, incluindo ouro, chumbo, zinco e prata, sendo também possível encontrar depósitos de urânio.

Nos países do sul da Europa podemos encontrar uma mistura de minerais, gás natural e reservas de petróleo bruto. Os recursos naturais encontrados na Espanha incluem carvão, zinco, tungstênio, potássio e urânio. A Itália tem mercúrio, amianto, pedra-pomes. E a Grécia possui minério de ferro, níquel, bauxita e petróleo. A Europa Ocidental serve como fonte de materiais de construção e minerais. A Bélgica, por exemplo, possui depósitos de areia de sílica, a qual é utilizada pelos fabricantes para produzir vidro, cerâmica, *chips* de silício, entre outros produtos. As minas da França contêm gesso, carvão, antimônio, minério de ferro e zinco. A Alemanha por seu lado é uma fonte de gás natural e carvão. Os países da Europa de Leste também são ricos em recursos naturais, por exemplo, a Polónia tem depósitos de gás natural, enxofre e cobre, e a Bielorrússia produz calcário, argila, cascalho e areia (Kim, 2021).

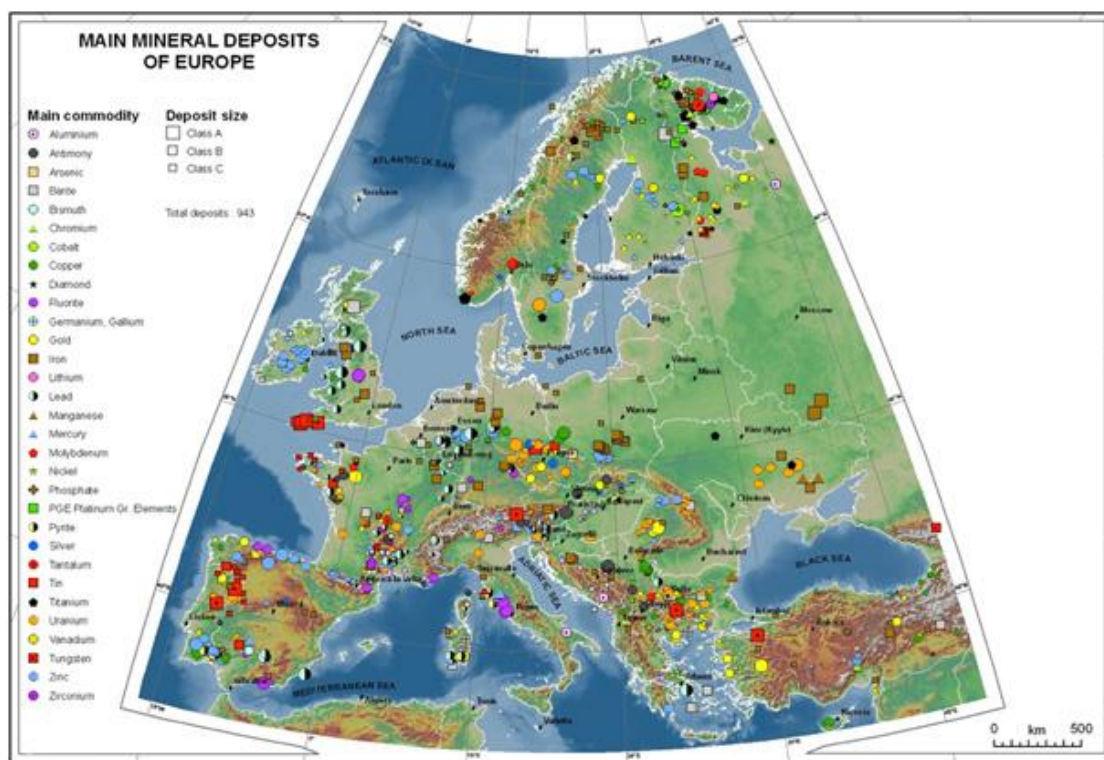


Figura 7: Principais depósitos minerais da Europa (BRGM, 2020)

De forma geral, o continente europeu tem uma grande tradição nas atividades extrativas e está bem-dotado de agregados e minerais industriais, bem como de determinados metais comuns (figura 7 e 8). A disponibilidade de matérias-primas essenciais é, no entanto, menor, embora haja algum potencial para o mesmo.

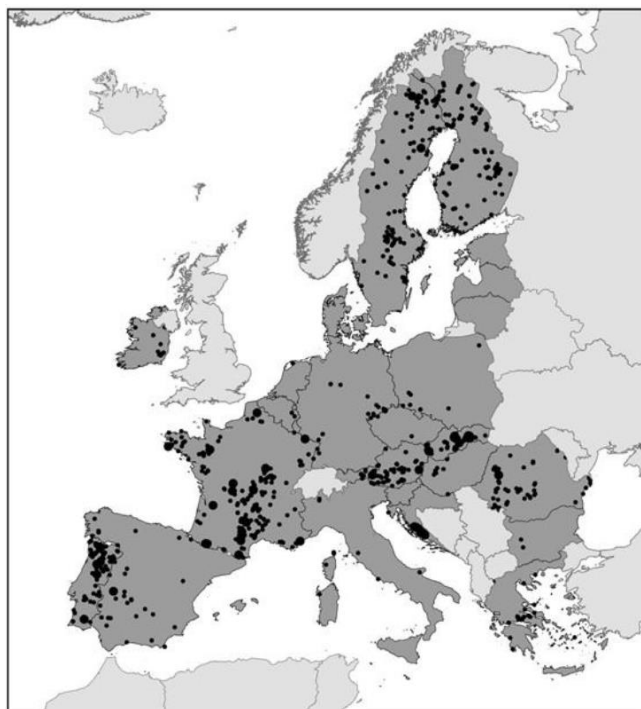


Figura 8: Depósitos de Matérias-Primas Essenciais UE-27 (2020) (adaptado de *EuroGeoSurveys* e Comissão Europeia (2020))

Como é possível visualizar no mapa da figura 10, a produção de matérias-primas essenciais a nível mundial tem uma concentração geográfica acentuada e, segundo algumas projeções, os centros de produção dos principais minerais não é provável que venha a sofrer alterações a curto prazo (figura 9).

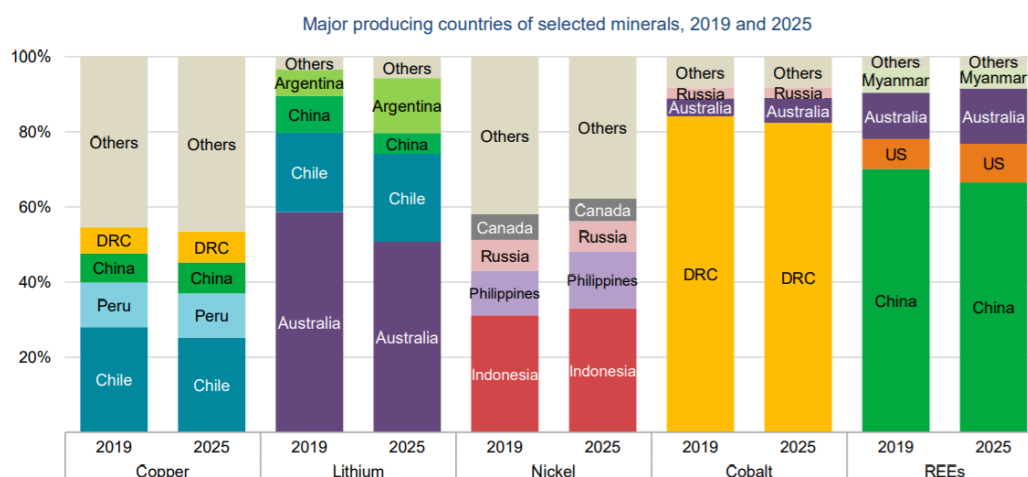


Figura 9: Maiores produtores de minerais selecionados, 2019 e 2025 (adaptado de (Kim, 2021))

2.4. A questão das matérias-primas a nível internacional e a estratégia da U.E. no acesso às matérias-primas

“O acesso aos recursos é uma questão de segurança estratégica para a ambição europeia de concretizar o Pacto Ecológico (European Commission, 2020) (EC, 2020). A nova estratégia industrial para a Europa (EC, 2020) propõe o reforço da autonomia estratégica aberta da Europa, alertando para o risco de a transição europeia para a neutralidade climática resultar na substituição da dependência dos combustíveis fósseis por uma dependência de matérias-primas, muitas das quais nos chegam do estrangeiro, e pelas quais a concorrência mundial se está a intensificar. A autonomia estratégica aberta da UE nestes setores terá, por conseguinte, de continuar a basear-se num acesso diversificado e sem distorções aos mercados globais de matérias-primas³. Simultaneamente, e de modo a diminuir as dependências externas e as pressões ambientais, é necessário confrontar o problema subjacente ao rápido aumento da procura de recursos globais, através da redução e da reutilização dos materiais antes de os reciclar” (Comissão Europeia, 2020).

O acesso aos recursos e a sustentabilidade são fundamentais para a resiliência da UE no que diz respeito às matérias-primas. Assim, a segurança das matérias-primas reflete-se na capacidade da UE de diversificar as suas fontes, tanto primárias como secundárias, reduzir as dependências externas e melhorar a eficiência de circuitos (Comissão Europeia, 2020).

A produção de muitas matérias-primas essenciais está concentrada em determinados locais do planeta e, segundo o Painel de Avaliação das matérias-primas de 2018, a UE está dependente de importações entre 75% e 100% para a maioria dos metais, o que tem um sério impacto na sustentabilidade da indústria de manufatura da UE (Oliveira et al., 2020) (Comissão Europeia, 2020).

Vejamos o exemplo dos principais países fornecedores de MPE à EU (figuras 10 e 11), 98% de elementos de terras raras (ETR) vêm da China, 98% do borato da Turquia, 88% do berílio dos EUA, 85% do nióbio do Brasil, a África do Sul fornece 71% dos metais do grupo da platina. O estrôncio e o háfnio são os únicos elementos para os quais a EU não está dependente de empresas de fora do seu território (Bobba et al, 2020) (Comissão Europeia, 2020).

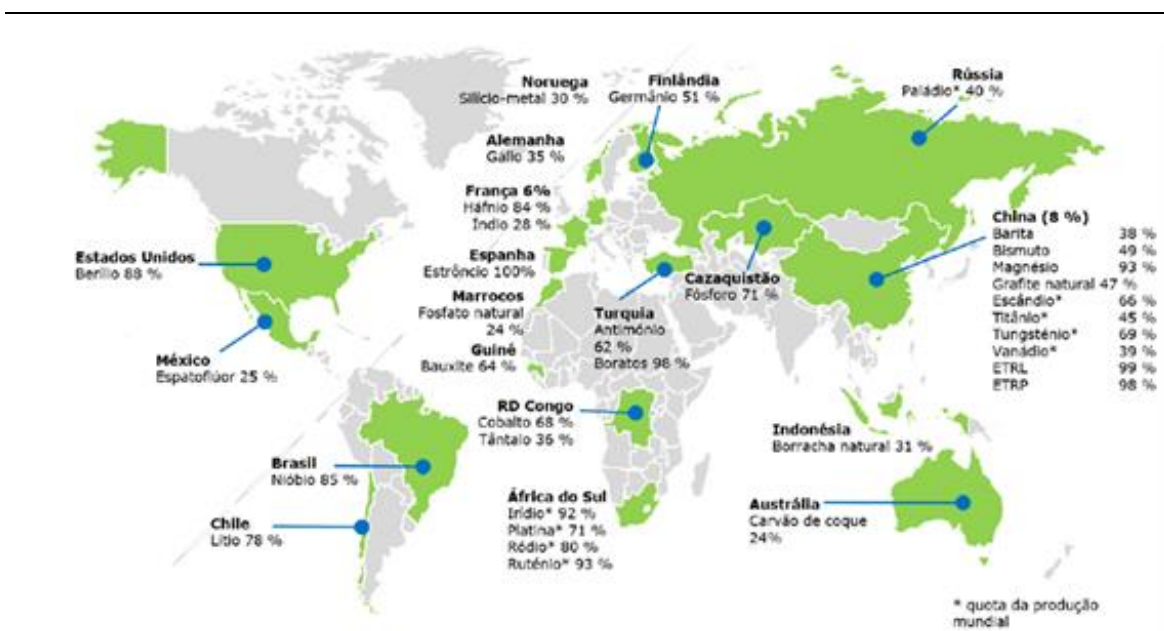


Figura 10: Principais países fornecedores de MPE à U.E. (adaptado de (Comissão Europeia, 2020))

Esta concentração da oferta é preocupante, já que cerca de vinte países são os maiores fornecedores de MPE e contribuem para 90% da oferta global (Figura 11) e em todos estes países, tal como na Europa, prevê-se um crescimento na procura de matérias-primas, especialmente de lítio, nióbio, gálio e elementos de terras raras.

Por outro lado, existem países tal como a Rússia, que têm programas ativos de reservas de matérias-primas minerais e restrições à exportação (onde restringe as cotas de exportação de ETR para garantir o abastecimento interno), ou como os EUA que têm reservas de matérias-primas essenciais de defesa estratégica (Oliveira et al., 2020). Outros, além de apostarem no aprovisionamento futuro, também estão a diversificar as suas fontes de abastecimento através de parcerias com países ricos em recursos, e a desenvolver as suas próprias cadeias de valor internas de matérias-primas.

Assim, a preparação para os choques de mercado e para autonomia europeia em matérias-primas poderá ser alcançada com a diversificação de fontes e parceiros em todo o mundo, com o reforço das cadeias de abastecimento mundiais, diminuição da dependência excessiva das importações, aumento das cadeias de circulação e da eficiência na utilização de recursos, e sempre que possível, aumentar a capacidade de oferta interna (Comissão Europeia, 2020).

Fornecimento global de minerais e metais críticos da UE

Os gráficos de circulares mostram a distribuição percentual da produção de metais e minerais essenciais. Cada matéria prima corresponde a 100% e a área dos gráficos é proporcional. SGU 2017

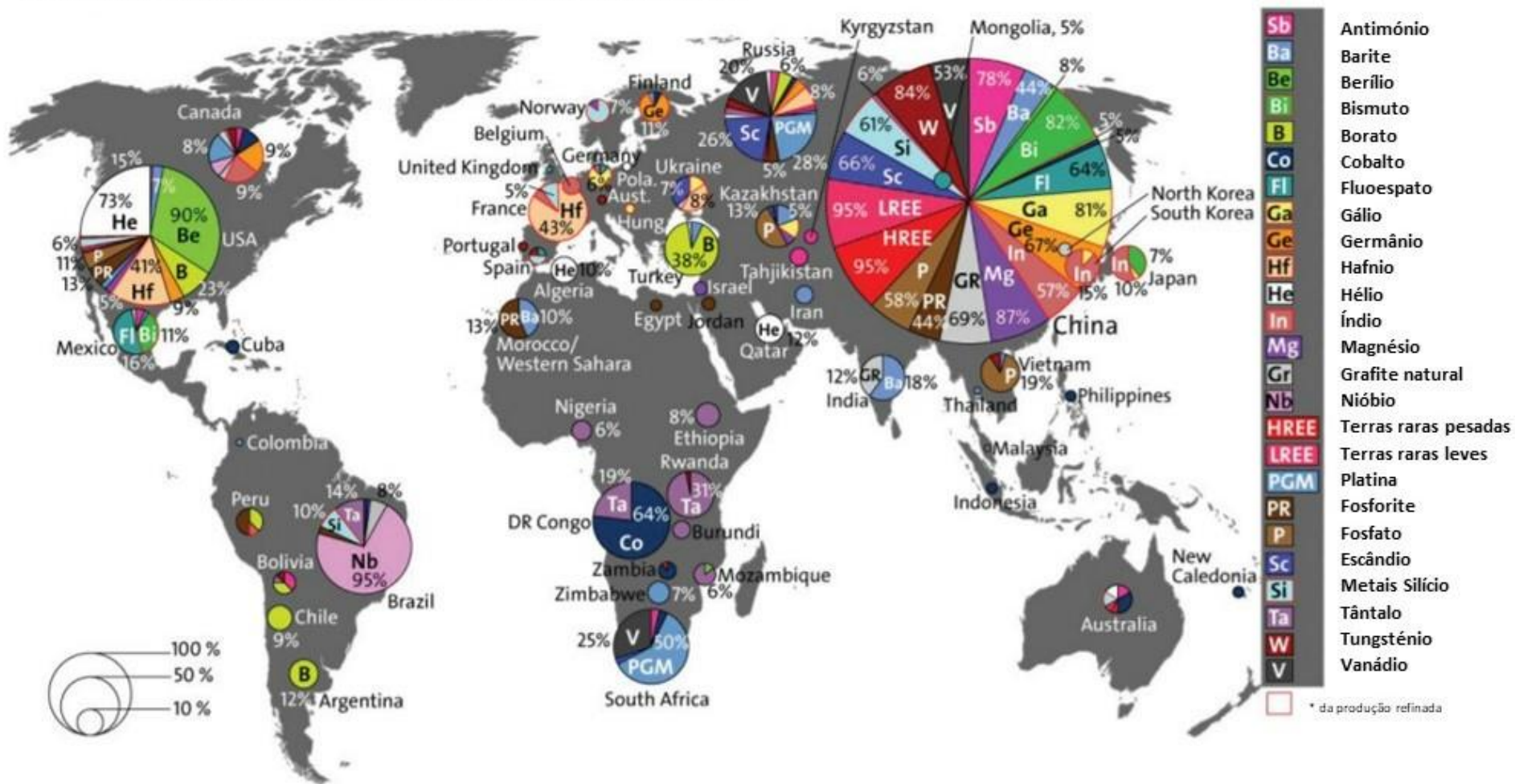


Figura 11: Cadeia de abastecimento global de minerais e metais essenciais para a UE (adaptado de Arvanitidis & Norlin (2017) e Oliveira *et al.* (2020))

A produção de minerais da transição energética está muito mais concentrada geograficamente do que a produção de petróleo ou gás natural (Figura 12). Da mesma forma, há um elevado nível de concentração das operações de processamento (Figura 13), que estão localizadas em poucos países, sendo o mais notável a China, que além de ser uma potencia na mineração de muitos destes elementos, importa os minerais em bruto e faz o seu processo de beneficiação, aumentando o seu valor.

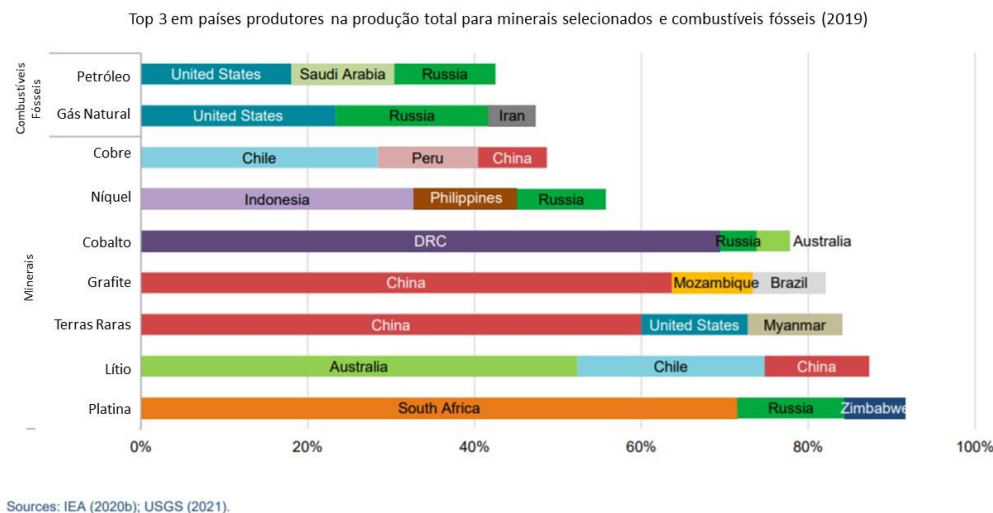


Figura 12: Top 3 de países produtores, valores totais, para minerais e combustíveis selecionados, 2019 (adaptado de Kim (2021))

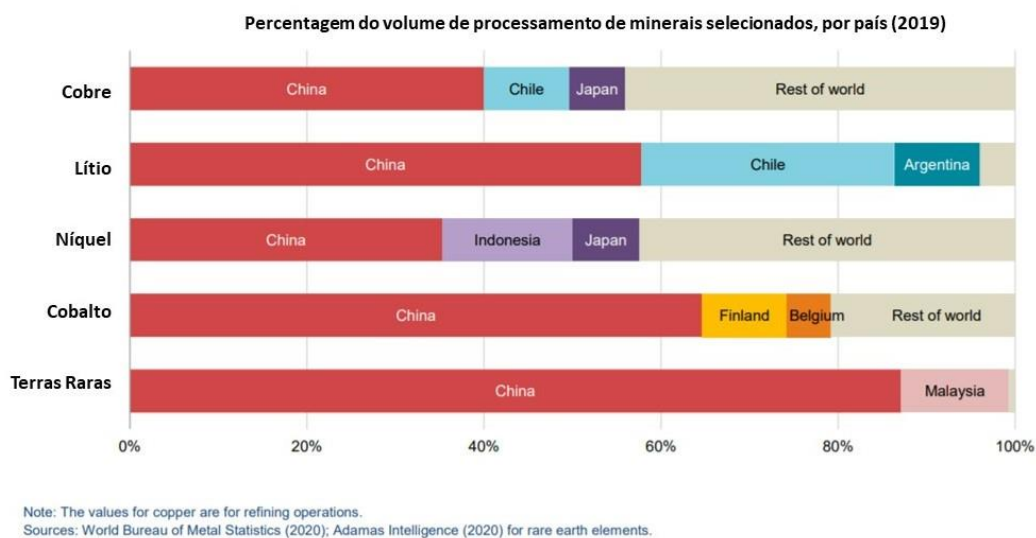


Figura 13: Volume do processamento por país para minerais selecionados, 2019 (adaptado de Kim (2021))

2.5. As Matérias-Primas Essenciais e o Pacto Ecológico Europeu

A crise climática e ambiental tem-se tornado cada vez mais evidente em todo o planeta. Temos presenciado recordes de extremos de temperatura quer no verão quer no inverno, as calotes polares e os glaciares estão a derreter, incêndios florestais catastróficos estão a tornar-se cada vez mais comuns e dispersos no globo (Austrália, Sibéria, Califórnia, Sul da Europa) (Siddi, 2020). A cada ano que passa a atmosfera fica mais quente e o clima muda mais um pouco, todos os anos há espécies que ficam extintas, e as florestas e os oceanos estão a ser poluídos e destruídos (Comissão Europeia, 2020).

A política climática é uma das principais prioridades da atual Comissão Europeia (Siddi, 2020), e de forma a superar os desafios das alterações climáticas e da degradação ambiental, a Europa teve de encontrar e concordar com uma nova estratégia de crescimento, que tem como objetivo a sua transformação numa economia moderna, competitiva e eficiente na utilização de recursos, onde: neutralidade carbónica até 2050; o crescimento económico é dissociado da utilização de recursos e que nenhuma pessoa e nenhum lugar seja deixado para trás (esta transição deve ser equitativa e inclusiva) – Figura 14 (Comissão Europeia, 2020) (Siddi, 2020).

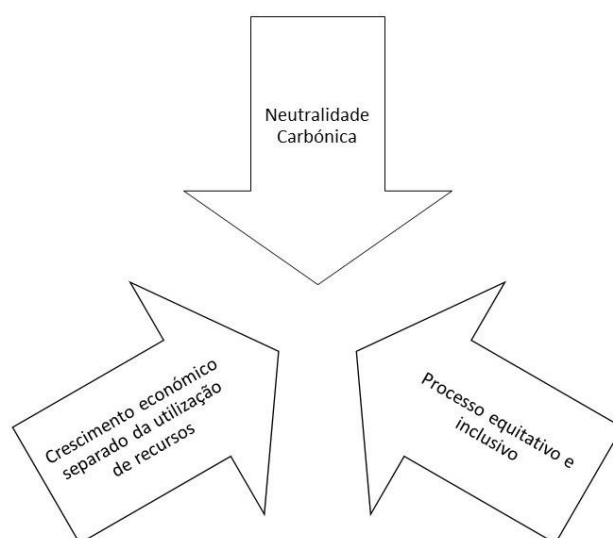


Figura 14: Objetivos da estratégia do Pacto Ecológico Europeu (Comissão Europeia, 2020)

Criando assim um “Pacto Ecológico Europeu” (Figura 15), que não é mais que um conjunto de políticas e estratégias articuladas pela Comissão Europeia, que permitirá às empresas e aos cidadãos europeus beneficiar de uma transição ecológica sustentável.

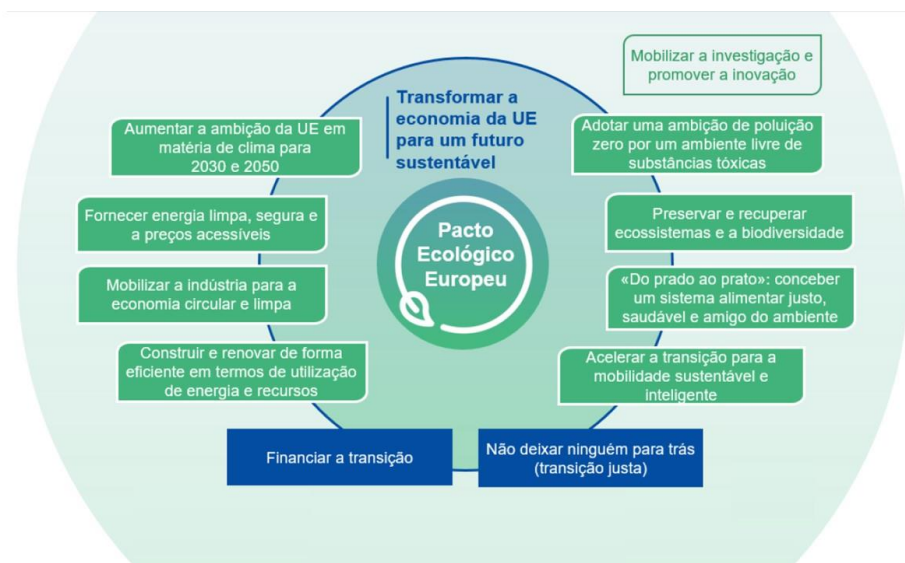


Figura 15: Pacto Ecológico Europeu (adaptado de (Comissão Europeia, 2020))

No entanto, e face ao meio em que estamos inseridos, interessa-nos determinar como é que o Pacto Ecológico Europeu vai influenciar a indústria mineira.

A estratégia industrial da EU baseia-se fortemente na digitalização, considera-se que as tecnologias digitais (por exemplo: transporte elétrico, *smart houses* ou trabalho remoto) são indispensáveis para as soluções climáticas, no entanto esta transformação digital não é uma solução limpa e utópica como parece. A realidade oculta da tecnologia que utilizamos encontra-se nos materiais que são utilizados e consequentemente na forma como são obtidos. Os equipamentos digitais que utilizamos têm na sua construção metais como o ouro, o cobre, o lítio, entre outros, que requerem, para a sua obtenção, uma mineração complexa e ‘suja’, tal como os seus processos de transformação e preparação, que são necessários, para poderem ser utilizados pelo consumidor final. Acresce, ainda, a complexidade e por vezes a falta de transparência da cadeia de valor envolvida no processo (Antonowicz-Cyglicka & et al., 2021).

Como já se referiu anteriormente, a mineração de matérias-primas está associada a riscos relativos a abusos de direitos humanos, socio-ecológicos e a violações das condições de trabalho. O grande problema é que muitas das matérias-primas essenciais estão localizados em países com contextos políticos complicados e de risco. A título de exemplo, a extração de estanho, tungsténio, tântalo e ouro, tem vindo a alimentar guerra civil na República Democrática do Congo, de tal forma que estas matérias-primas são apelidadas de ‘minerais de conflito’ (Antonowicz-Cyglicka & et al., 2021).

Em paralelo e dentro do Pacto, existe ainda um Plano de Ação para a Economia Circular da UE, que tem como objetivo atacar estes problemas e acelerar esta mudança. A indústria mineira é tida como produtora de resíduos, com uma cadeia logística muito pouco transparente e com um grande impacto, desde a mineração e passando pelas fundições e redes de manufatura, e terminando na forma de eliminação dos produtos após utilização (Antonowicz-Cyglicka & et al., 2021).

A principal implicação para o *Green Deal* é que este será impossível sem as matérias-primas essenciais, mas a sua obtenção choca com as políticas de sustentabilidade que se querem implementar. Assim, o futuro da indústria extrativa na Europa está fortemente dependente da construção de fortes ligações com a sociedade civil. Sem um entendimento da importância dos recursos minerais, bem como da sua origem e forma de obtenção e manipulação, os cidadãos não podem contribuir para o bem-estar da Europa de forma a assegurar o acesso aos minerais essenciais de uma forma ética e sustentável.

Apesar de milénios de mineração o continente europeu ainda possui depósitos metálicos que são viáveis para extração. Estes incluem muitos dos minerais que são necessários para a transição energética e digital, tais como o lítio, cobalto e terras raras. O aumento da extração e do processamento destes minerais dentro das fronteiras da EU seria um passo importante para aumentar a segurança do aprovisionamento dos mesmos. O referido aspeto e os regulamentos ambientais europeus, bem como a diminuição do transporte intercontinental, também reduziriam a pegada ecológica do nosso consumo de metais (GEF, 2021).

Mas, tal como já mencionado, a mineração tem um “preço”, afetando a biodiversidade, já em declínio num continente tão povoado como a Europa. Novos (e antigos) projetos de mineração costumam ser alvo de protestos cívicos um pouco por toda a Europa, já que existe a memória de acidentes e de práticas pouco amigas do ambiente e das populações. A título de exemplo, pode citar-se os resíduos tóxicos que são ameaça para as bacias hidrográficas ou rompimento de barragens de *‘tailings’* que causaram poluição generalizada (GEF, 2021).

Considerando que as matérias-primas são necessárias para a nossa forma de vida, e que não há alternativa à mineração, temos de encontrar formas de minimizar os danos que esta causa. Uma das formas é olhar para as minas e explorações já existentes antes de criar novas cicatrizes na Terra.

As práticas de extração de matérias-primas sofrem alterações sempre que se encontra uma alternativa mais económica, tecnicamente viável, ou o produto em causa não tem mercado. Assim, como consequência muitos minerais que agora são considerados valiosos ou essenciais,

anteriormente poderiam ser apenas rejeitos de mina, e eram tratados como tal, indo parar às escombrelas ou barragens de resíduos.

Existe ainda uma outra perspectiva relativamente aos rejeitos de mina, mas neste caso, relativamente às práticas atuais. A não ser que os custos, riscos (ou leis) sejam proibitivos deveria existir a obrigação de os operadores mineiros utilizarem todos os minerais comercializáveis que removem, independentemente de estes não serem o seu alvo principal de operações, diminuindo os rejeitos (*tailings*) remanescentes (GEF, 2021).

Os rejeitos das minas encerradas podem ainda representar uma fonte de materiais escassos, e a recuperação destes metais remanescentes pode ser acompanhada pela reabilitação ecológica de antigos locais de mineração – ‘Remineração’. Da mesma forma, os aterros podem ser remediados de forma semelhante, libertando solo, reduzindo os riscos de poluição e aumentando os níveis de metais e minerais valiosos de volta à circulação económica (GEF, 2021).

Segundo a Comissão Europeia, a recuperação de matérias-primas de resíduos extrativos e industriais poderá ter um ‘potencial extremamente alto para contribuir para um abastecimento sustentável e seguro’, mas de acordo com as projeções não é capaz de satisfazer a procura por matérias-primas essenciais. Será então necessário apostar em novos projetos mineiros de forma a assegurar que a Europa tem metais suficientes para a transição energética e digital (GEF, 2021). Um exemplo claro do impacto e funcionamento da economia circular e da possibilidade da reciclagem destas matérias-primas, é o facto de 50% dos metais como o ferro, zinco ou a platina já serem reciclados e estes serem mais de 25% do consumo da EU.

No entanto, isto ainda não chegou a todas as matérias-primas, aquelas como as ETR, gálio ou índio, a produção secundária/recuperação a partir da reciclagem de produtos só contribui de forma marginal (Figura 16) . Isto deve-se em parte às taxas de recolha, eficiência da reciclagem, forma de manufatura dos produtos, teor de material reciclável e responsabilidade do produtor, o que provoca uma perda de valor na cadeia de valor e na economia europeia (Comissão Europeia, 2020).

É aqui que o *Green Deal* vai definir elevados padrões de trabalho, pois vai ser necessário minimizar os compromissos sociais e ambientais, em que todas as partes interessadas devem estar envolvidas desde o início, respeitando a legislação e diretivas comunitárias e nacionais pertinentes, não havendo lugar para exceções.

A extração de recursos minerais dentro da EU deveria ser exemplar, elevando os padrões da indústria a nível global, pois estamos num novo milénio e numa época onde é possível fazer melhor que os nossos antecessores, e tanto a legislação Europeia como as normas internacionais

exigem que as operações de mineração se tornem o mais limpas possíveis e que se recupere o local após utilização. Existem padrões a ser cumpridos como: uso mínimo combustíveis fósseis e de produtos químicos perigosos, existência de um circuito de água fechado, remoção máxima de substâncias tóxicas, desperdício mínimo e restauração a níveis ideais da biodiversidade no local de exploração (GEF, 2021).

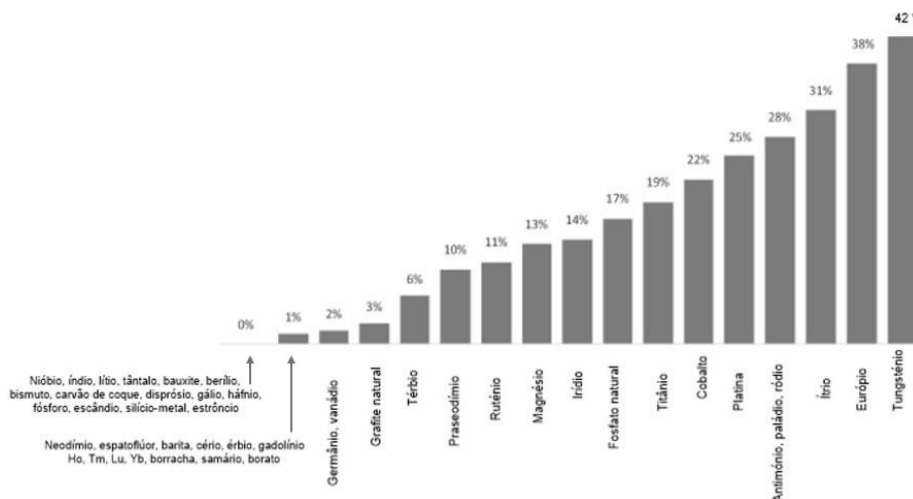


Figura 16: Contributo da reciclagem para satisfazer a procura de materiais (taxa de reciclagem de produtos) (Comissão Europeia, 2020)

Tal como os países terceiros que estão a desenvolver os seus próprios planos, a União Europeia, tem um plano de ação para garantir um aprovisionamento seguro e sustentável das matérias-primas, este vai juntar os esforços do setor público e privado, autoridades nacionais e instituições europeias (Tabela 4).

Tabela 4: Plano de Ação da UE para as Matérias-Primas (adaptado de Comissão Europeia (2020))

Plano de Ação da UE para as Matérias-primas
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver cadeias de valor resilientes para os ecossistemas industriais da UE; • Reduzir a dependência de matérias-primas essenciais primárias através da utilização circular de recursos, de produtos sustentáveis e da inovação; • Reforçar o aprovisionamento e a transformação a nível interno de matérias-primas por meios sustentáveis e responsáveis na União Europeia; • Diversificar a oferta com aprovisionamento sustentável e responsável de países terceiros, reforçando o comércio aberto de matérias-primas com base em regras, e eliminando as distorções ao comércio internacional.

Capítulo III

A Indústria Extrativa

(página propositadamente em branco)

3. A indústria extrativa

A Lei n.º 54/2015 de 22 de junho estabelece as bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional. Esta lei revogou o anterior Decreto-Lei 90/90 de 16 de março de 1990 que regulamentava a indústria mineral portuguesa. As ocorrências de hidrocarbonetos e as formações geológicas com aptidão para o armazenamento de dióxido de carbono foram excluídos da lei de recursos geológicos e são objeto de diploma próprio (Lei n.º 54/2015 de 22 de junho).

No entanto, e devido à relevância destes recursos minerais para o País, justifica-se a existência de uma gestão da estratégia nacional assegurada por um retorno económico e de desenvolvimento sustentável, assente numa lógica de prossecução do interesse público. Assim, procedeu-se à publicação do Decreto-Lei nº30/2021 de 7 de maio, que regulamenta a Lei n.º 54/2015, no que respeita aos depósitos minerais. Neste contexto serão adotados três eixos estruturantes na regulamentação jurídica da atividade de revelação e aproveitamento de depósitos minerais:

- i) o cumprimento dos mais exigentes padrões de sustentabilidade ambiental (obedecendo aos princípios do «*green mining*») na atividade de extração dos recursos do domínio público do Estado, garantindo, simultaneamente, a sua máxima valorização económica em benefício do País;
- ii) o reforço de disponibilização de informação e da participação pública, com o reforço da intervenção dos municípios, e a disponibilização de todos os elementos relevantes do processo através de sessões públicas de esclarecimento, promovidas pelos requerentes, obrigatórias no caso de concessão de exploração e facultativas no caso da atribuição de direitos de prospeção e pesquisa, assegurando-se assim uma maior transparência dos procedimentos administrativos;
- iii) a obrigação de instalação da sede social do concessionário num dos municípios abrangidos – assegurando a repartição justa dos benefícios económicos da exploração (*Royalties*) entre o Estado e os municípios onde ela se insere e as suas populações - e a obrigação da existência de um plano de responsabilidade social do concessionário (Decreto-Lei n.º 30/2021 de 7 de maio).

A Lei n.º 54/2015 fornece ainda algumas definições úteis para a sua aplicação como por exemplo: os “depósitos minerais, são quaisquer ocorrências minerais que, pela sua raridade, alto valor

específico ou importância na aplicação em processos industriais das substâncias nelas contidas, se apresentam com especial interesse económico. Por seu lado, as massas minerais, são quaisquer rochas e outras ocorrências minerais que não apresentem as características necessárias à qualificação como depósitos minerais”. (Lei n.º 54/2015 de 22 de junho) → No entanto o Decreto-Lei nº30/2021 introduziu algumas alterações à definição de Depósitos minerais, tornando mais específica a sua interpretação.

“São depósitos minerais as ocorrências com relevante interesse económico de substâncias minerais utilizáveis na obtenção de metais, semimetais, não metais e substâncias radioativas nelas contidos. São também depósitos minerais as seguintes ocorrências: a) Terras raras, pedras preciosas e semipreciosas; b) Talco, cré, carvões, grafites, diatomite, barite, pirites, fosfatos, amianto, minerais litiníferos, quartzo, berilo, micas, feldspatos e feldspatoides; c) Areias siliciosas consideradas pelas suas características aptas para outra aplicação que não a da construção civil, nomeadamente quando a percentagem em sílica seja muito elevada, podendo ultrapassar os 90%; d) Argilas especiais, compreendendo o caulino, a bentonite, as *fire clays* e outras argilas refratárias, as *ball clays* e as argilas fibrosas; e) Evaporitos, compreendendo os boratos, o bromo, o gesso, os nitratos, os sais de potássio, o sal-gema, o carbonato de sódio e o sulfato de sódio. São, ainda, depósitos minerais as ocorrências com interesse económico de substâncias referidas nos números anteriores resultantes de deposição de materiais de operações mineiras reguladas pelo presente decreto-lei e pelo Decreto-Lei n.º 13/2013, de 22 de fevereiro” (relativo à gestão dos resíduos das indústrias extrativas) (Decreto-Lei n.º 30/2021 de 7 de maio).

A procura destes recursos minerais começa (figura 17) pelo trabalho de gabinete onde se determinam, através de informação recolhida em cartas geológicas quais os locais mais prováveis para se encontrar ‘algo’ de interesse. E é complementada pela realização de prospeções no campo, a qual vai permitir conhecer a profundidade do terreno e identificar a real existência de recursos minerais no subsolo. Utiliza-se uma variedade de técnicas de prospeção: geofísica (sísmica, gravimétrica, elétrica, magnética e diagrfias), geoquímica (recolha de amostras de solo, sedimentos de linhas de água e rochas) ou mecânica (perfurações no solo através de sondagens).

A indústria extrativa retira da natureza os produtos (recursos minerais) que vão servir de matérias-primas noutras indústrias. Estes recursos minerais são todas as substâncias naturais formadas por processos geológicos na crosta terrestre, passíveis de serem utilizadas pelo Homem. Esta indústria está dividida em dois grandes métodos de trabalho: as explorações a céu aberto (rocha ornamental e rocha industrial, minérios metálicos, e minerais energéticos) e as explorações subterrâneas (rocha ornamental, minérios metálicos e minerais energéticos), existem também casos de explorações mistas.

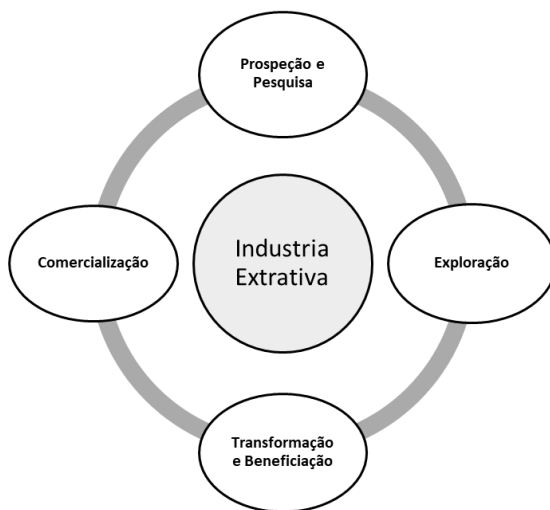


Figura 17: Ciclo da Indústria Extrativa

Os recursos minerais podem ser agrupados, segundo as suas propriedades químicas, em recursos minerais metálicos e não metálicos. Neste trabalho ir-se-á seguir a nomenclatura que é utilizada nas publicações da Divisão Geral de Energia e Geologia (DGEG) e que tem uma perspetiva de especialização por produto, sendo assim adequada para este tipo de estudo sobre a indústria extrativa.

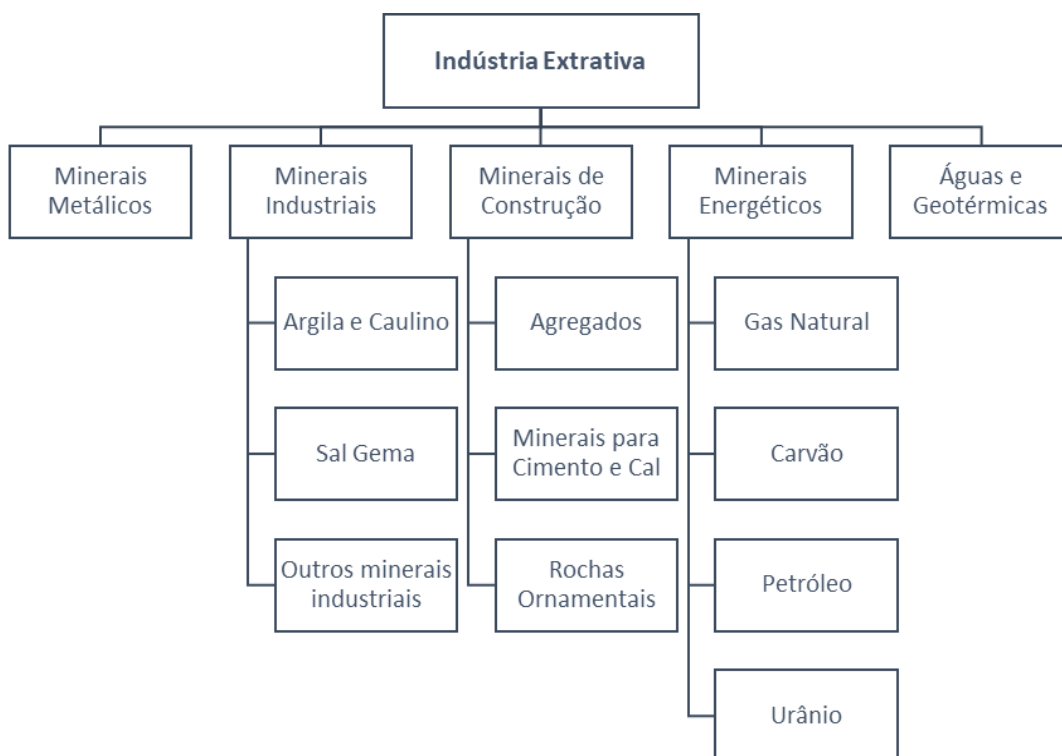


Figura 18: Classificação por setores da Indústria Extrativa em Portugal, segundo a DGEG

Os Minerais Metálicos englobam os recursos minerais explorados para a obtenção de um determinado elemento metálico que faz parte da sua constituição. (por exemplo: ouro, prata, cobre, ferro, ...), e que se destinam a ser utilizados, entre outras, na indústria metalúrgica e siderurgia, nas energias renováveis e por exemplo na indústria das próteses.

Os Minerais Industriais e os Minerais de Construção, por vezes estão associados, num grupo muito diversificado, designado de Minerais Não Metálicos. Neste caso engloba minerais e rochas que são utilizadas principalmente na construção civil e em processos industriais de natureza muito diversa. Os recursos minerais não metálicos são muito abundantes na Natureza. A sua utilização é tao ampla que são considerados bens de primeira necessidade.

Os Minerais e Rochas Industriais são recursos minerais que podem ser usados diretamente num processo industrial, pelas suas propriedades físico-químicas. Os minerais industriais são usados numa vasta gama de aplicações: no fabrico de aço, vidro ou fertilizantes, nas indústrias farmacêuticas, cosméticas, cerâmicas, de plásticos, tintas, papel, etc. Entre estes minerais encontram-se entre outros: barita, bentonites, boratos, argilas, diatomitos, feldspatos, fluorite, gesso, calcário, sílica, areia e o talco (Comissão Europeia, 2010).

Por seu lado os Minerais de Construção incluem os minerais e rochas utilizados maioritariamente na construção civil. Este sector subdivide-se de acordo com as particularidades das matérias-primas e utilizações finais, por exemplo, as Rochas Ornamentais no seu estado natural, devido a determinadas características físico-químicas, de coloração e de estética são utilizadas para funções decorativas, como materiais ornamentais ou de revestimento (por exemplo, granitos, mármore, calcário e ardósia). Por seu lado os Agregados, já sofrem processos de transformação mecânicos até serem utilizados, tal como os Minerais para Cimento e Cal.

Os Minerais Energéticos são recursos minerais utilizados para a produção económica de energia elétrica, calorífica ou mecânica. Como exemplo: Gás Natural, Petróleo, Carvão e Urânio. Devido às especificações deste setor, apenas se vai analisar as importações e exportações nacionais.

Devido às especificidades do Urânio não vamos fazer uma análise sobre este mineral energético. No entanto, de forma resumida, a exploração de minérios radioativos em Portugal realizou-se de 1911 a 2001, em cerca de 60 minas. Foram produzidos rádio e urânio, estando os jazigos mais importantes na região central das Beiras, estima-se que tenham sido produzidos,

aproximadamente, 4 370 toneladas de concentrados de óxido de urânio (U₃O₈). Devido às técnicas de exploração as antigas minas deixaram pesados passivos ambientais, tendo sido já a maioria delas objeto de recuperação ambiental (Webinar, 2021).

As Águas e fontes Geotérmicas, compreendem os recursos hidrotermais, como as águas de nascente, as águas minerais naturais e as águas minero-industriais; e os fluidos e formações geológicas que se encontram a temperatura elevada cujo calor pode ser aproveitado. Este setor não vai ser explorado nesta dissertação.

Será então a partir desta subdivisão, e com base nos dados estatísticos disponíveis em repositórios abertos, que iremos fazer a nossa análise prospetiva sobre a indústria extrativa Portuguesa.

Estes recursos minerais são ainda classificados dependendo do seu posicionamento numa escala de interesse económico (Carvalho2010):

- Recursos com interesse nacional – circulam em mercados globalizados, e contribuem diretamente para a Balança de Pagamentos (exportação).
- Recursos de interesse regional – importantes para a economia da região, são um elemento de coesão social porque contribuem para o emprego e diminuição da desertificação do interior.
- Recursos de interesse local – interessam essencialmente à economia local.

Capítulo IV

Recolha e Análise de Dados

(página propositadamente em branco)

4. Dados

4.1. Recolha de Dados

De forma a conhecer o estado atual da indústria extrativa nacional e como esta tem vindo a evoluir na última década, foi feita uma recolha de dados disponibilizados pela Direção Geral da Energia e Geologia (DGEG).

Este repositório de informação foi escolhido por ser reconhecido na DGEG competências técnicas na análise e produção de informação estatística na área dos recursos geológicos. Estes reconhecimentos advêm de um processo de delegação de competências do INE (Instituto Nacional de Estatísticas), e a informação é disponibilizada no estrito cumprimento da legislação aplicável e do Código de Conduta para as Estatísticas Europeias.

Sendo o repositório estatístico da DGEG a fonte de informação é relevante colocar quais os parâmetros que contribuirão para esta caracterização:

→ Dados globais da indústria extrativa

- Produção (DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - A, 2021)
- Comércio internacional (DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - B, 2021)

→ Minas

- Produção Anual (DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - C, 2021)
- Pessoal e Estabelecimentos (DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - D, 2021)

→ Pedreiras

- Produção Anual (DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - E, 2021)
- Pessoal e Estabelecimentos (DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - F, 2021)

→ Recursos Minerais Energéticos

- Importação e Exportação - Gás Natural, Petróleo, Carvão (DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - G, 2021)

Esta informação foi, sempre que necessário, complementada por informação suplementar como aquela encontrada nas Publicações Estatísticas da DGEG, no EuroStat (*European Statistics*), no USGS United (*States Geological Service*) ou no *European Minerals Yearbook*.

4.2. Tratamento de Dados

4.2.1. Caracterização geral dos setores

Após a recolha dos dados, foi necessário proceder à caracterização dos setores, fazendo uma análise global aos mesmos. Devido à nomenclatura dos diferentes minerais, houve necessidade de se encontrar alternativa mínima para a denominação dos mesmos. A tabela 6 tem uma legenda com a correspondência entre os termos.

Após esta caracterização geral foi então iniciado o tratamento estatístico, com a finalidade de definir as correlações possíveis nos diferentes setores da indústria extrativa.

Tabela 5: Legenda de Minerais utilizada na análise PCA

Minerais Industriais			
Argila comum	Ar.c	Argila comum	Ar.c
Argila especial	Ar.e	Argila especial	Ar.e
Caulino	Cau	Caulino	Cau
Sal-gema	Sal	Sal-gema	Sal
Areia especial	A.e	Areia especial	A.e
Areias feldspáticas	A.f	Areias feldspáticas	A.f
Calcário p/ ind.transformadora	Cal.t	Calcário p/ ind.transformadora	Cal.t
Calcite p/ ind. transformadora	Cit.t	Calcite p/ ind. transformadora	Cit.t
Feldspato	Fel	Feldspato	Fel
Pegmatito	Peg	Pegmatito	Peg
Pegmatito c/ litio	PegL	Pegmatito c/ litio	PegL
Quartzo	Qtz	Quartzo	Qtz
Saibro p/ ind. transformadora	Sai.t	Saibro p/ ind. transformadora	Sai.t
Talco	Tal	Talco	Tal
Granito p/outras indústrias	Gra.out	Granito p/outras indústrias	Gra.out

Minérios Metálicos

Min. Chumbo	NF.Ch	Minérios de cobre	NF.Co
Min. de tungsténio	NF.Tg	Minérios de crómio	NF.Cr
Min. de Zinco	NF.Z	Minérios de estanho	NF.E
Min.de cobre	NF.Co	Minérios de manganés	NF.Man
Min.de estanho	NF.E	Minérios de titânio	NF.T
Minérios de Ferro	MFe	Minérios de volfrâmio	NF.Vol
Metais Preciosos	NF.MP	Minérios de zinco	NF.Z
Minérios de nióbio, tântalo e vanádio	NF.NTV	Minérios de zircónio	NF.Zr
Concentrados de mistos de estanho e titânio	NF.cmET	Outros minérios de metais comuns	NF.omc
Minérios de alumínio	NF.Al	Minérios de níquel	NF.Ni
Minérios de chumbo	NF.Ch	Minérios de lítio	NF.Li
Minérios de cobalto	NF.Cob	Minérios de molibdénio	NF.Mo

Minerais de Construção

Areia comum	A.c	Granito ornamental	Gra.orn
Cascalho	Cas	Sienito Nefelínico ornamental	Sie.Nie.orn
Saibro	Sai	Calcário azul ornamental	Cal.az.orn
Seixo	Sei	Calcário microcristalino ornamental (Iioz)	Cal.mi.orn
Calcário	Cal	Calcário ornamental	Cal.orn
Calcário dolomítico	Cal.dol	Mármore	Mar
Mármore britado	Mar.bri	Calcário para calçada	Cal.calç
Basalto	Bas	Gabro para calçada	Gab.calç
Diorito	Dio	Granito para calçada	Gra.calç
Dolerito	Dol	Sienito nefelínico para calçada	Sie.Nie.calç
Gabro	Gab	Calcário rústico	Cal.rus
Gneisse	Gne	Granito rústico	Gra.rus
Granito	Gra	Cascalho, pedra britada e outras	Cas.Pbri.ot
Grauvaque	Grau	Pedra-pomes e outros abrasivos naturais	PP.ot.ab.n
Outra pedra britada n.e.	opb	Quartzitos	Qtzito
Quartzito	Qtzito	Castinas e pedras calcárias para cal e cimento	Cast.
Serpentinito	Ser	Cré	Cre
Pórfiro	Por	Dolomite	Dolo
Sienito	Sie	Ardósia, em bloco e serrada	Ard.bl.ser.
Peridotito	Per	Ardósia, em obra	Ard.ob
Xisto	Xi	Granito ornamental e rochas similares, em bloco	Gra.orn.bl.
Min. (Calcário e margá) para cal	M.Cal	Granito ornamental e rochas similares, em bloco e serrado	Gra.orn.bl.ser
Calcário e margá para cimento	Cal.Marg.	Granito ornamental e rochas similares, em obra	Gra.orn.ob.
Gesso pardo	Ges	Granito ornamental e rochas similares, serrado	Gra.orn.ser.
Xisto industrial	Xi.ind	Mármore e outras rochas carbonatadas, em bloco	Mar.bl.
Ardósia	Ard	Mármore e outras rochas carbonatadas, em obra	Mar.ob.
Xisto ornamental	Xi.orn	Mármore e outras rochas carbonatadas, serrado	Mar.ser.
Gabro ornamental	Gab.orn	Pedra natural talhada para calcetamento e lajes	PN.tal

4.2.2. Análise de Componentes Principais

Com a massificação da recolha de dados, e a inclusão de diversas variáveis na *data sets*, estes conjuntos de dados estão a tornar-se cada vez maiores ou maciços. Frequentemente é necessário reduzir, consideravelmente, o número de variáveis analisadas, embora retendo muita da informação do conjunto de dados original (Jolliffe, 2002).

Para tal é possível utilizar a Análise de Componentes Principais – ACP (*Principal Component Analysis* - PCA), este método tem por objetivo a análise dos dados utilizados visando a sua redução, eliminação das sobreposições e a escolha das formas mais representativas de dados a partir de combinações lineares das variáveis originais. A PCA é usada na análise exploratória de dados e para fazer modelos preditivos.

Esta técnica é, provavelmente, o redutor de dimensões mais conhecido e amplamente utilizado (Jolliffe, 2002). A análise de componentes principais é fundamental para o estudo de dados multivariados, sendo umas das suas primeiras técnicas de análise.

Foi introduzida pela primeira vez por Pearson (1901) e como muitos métodos multivariados, a PCA estava limitada devido à tecnologia disponível, sendo inicialmente apenas utilizado para algumas variáveis. Mas com o advento dos computadores eletrónicos, A PCA tornou-se um método de modelação computacional prático (desenvolvido por Hotelling em 1933) e passível de ser aplicável a um maior número de variáveis. Desde esta altura a PCA não estagnou, foram propostas e implementadas diversas alterações, continuando a ser alvo de pesquisas, utilizando agora novas abordagens baseadas em modelos ou em algoritmos de redes neurais, mantendo, no entanto, a sua essência da redução da dimensionalidade do *dataset*. É assim, extremamente versátil e possível de aplicar em diversas disciplinas (Jolliffe, 2002; Stein et al., 2006).

O princípio do método da Análise em Componentes Principais é então o de reduzir a dimensão de um conjunto de dados no qual há um grande número de variáveis inter-relacionadas, ao mesmo tempo mantendo ao máximo a variação presente no conjunto de dados, com a menor perda de informação possível (Hongyu et al., 2016). Esta redução obtém-se com a transformação de um conjunto de variáveis originais num novo conjunto de variáveis de mesma dimensão – os componentes principais – que não estão correlacionados e que são ordenados de forma que os primeiros retenham a maior parte da variação presente em todas as variáveis originais.

O cálculo dos componentes principais reduz-se à solução de um problema de autovalor-autovetor, para uma matriz simétrica semidefinida positiva (Jolliffe, 2002).

Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (Hongyu et al., 2016).

Esta técnica pode ser utilizada para gerar índices e agrupar indivíduos. A análise agrupa indivíduos de acordo com a sua variação, isto é, os indivíduos são agrupados segundo o seu comportamento dentro da população, representado pela variação do conjunto característico que define o indivíduo (Hongyu et al., 2016).

4.2.2.1. XLSTAT

Guia passo a passo detalhado para configurar o XLSTAT (Addinsoft, 2021) para executar o PCA.

- I. Iniciar o comando XLSTAT para começar a utilizar o XLSTAT, selecionar *'Analysing data'* e de seguida o comando *'Principal Components Analysis'*.

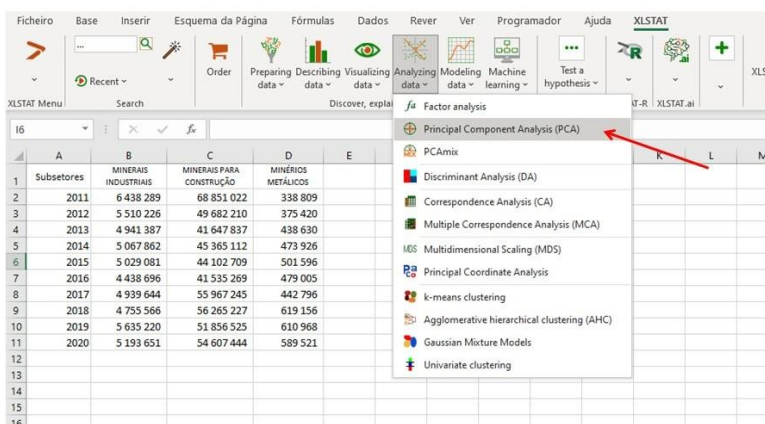


Figura 19: Etapa 1 - XLSTAT

- II. Na caixa que diálogo selecionar a aba *'General'*, para escolher o formato de dados selecionar em *'Observations/variables table'* (vermelho). Em *'Observation labels'* selecionar os anos (verde), cada linha vai representar um ano diferente em estudo. A padronização PCA utilizada durante estes cálculos é baseada na correlação de Pearson (azul).

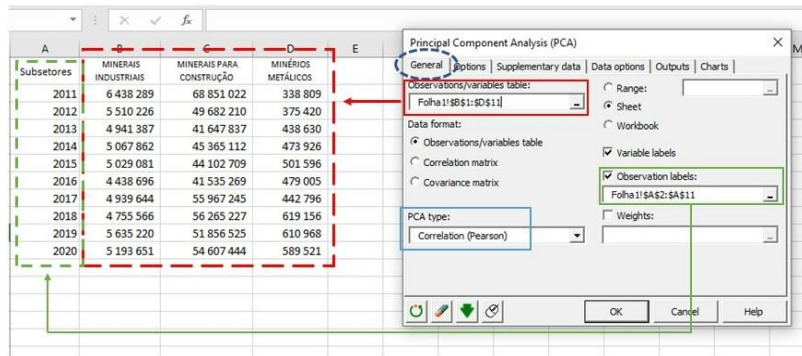


Figura 20: Etapa 2 – XLSTAT

- III. Na caixa que diálogo selecionar a aba 'Options' e ativar o padronizar dos dados ativando o 'Standardization n-1'; Na aba 'Data options' ativar o 'Do not accept missind data' para dados ausentes. Na aba 'Outputs' ativar as opções 'Descriptive statistics' para fornecer uma estatística descritiva dos dados, 'Correlations – Test significance' para o teste de significancia nas correlações. As outras seleções são relativas à informação que se pretende obter no *output* final, neste caso foram todas selecionadas para obtenção de toda a informação disponível.

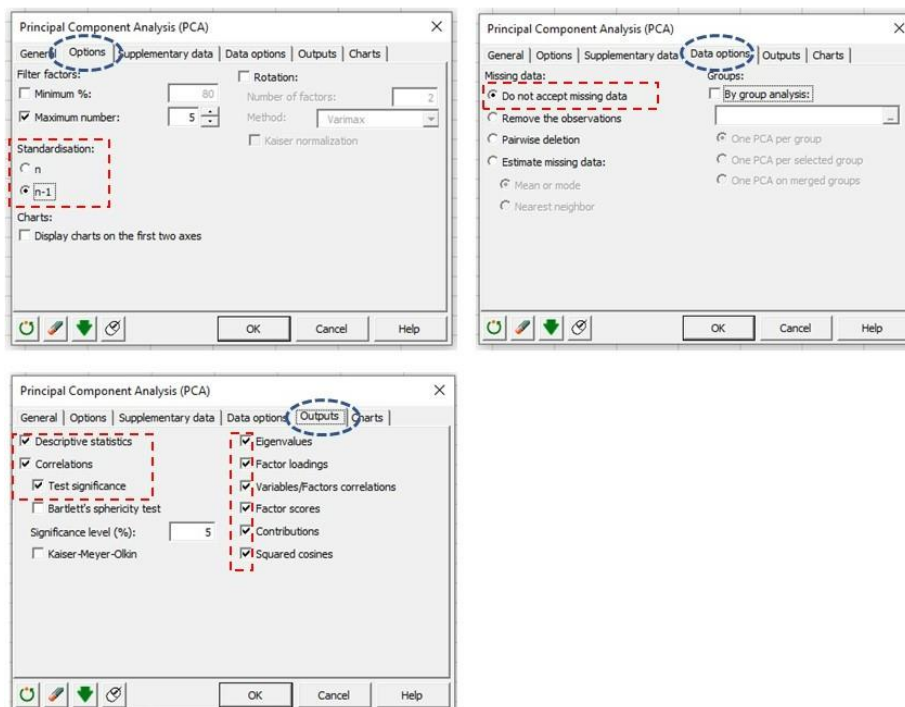


Figura 21: Etapa 3 – XLSTAT

- IV. Na caixa de diálogo selecionar a aba 'Charts', e sub-aba 'Variables' ativar 'correlation charts', 'vectors' e 'color labels' e na sub-aba 'Observations' ativar 'observation charts', 'labels' e 'color labels', para que esta informação apareça no output final.

Na sub-aba 'Biplots' selecionar as opções para as variáveis e para as observações. Definir o tipo de biplot como 'correlation biplot' com 'coeficient n/p'

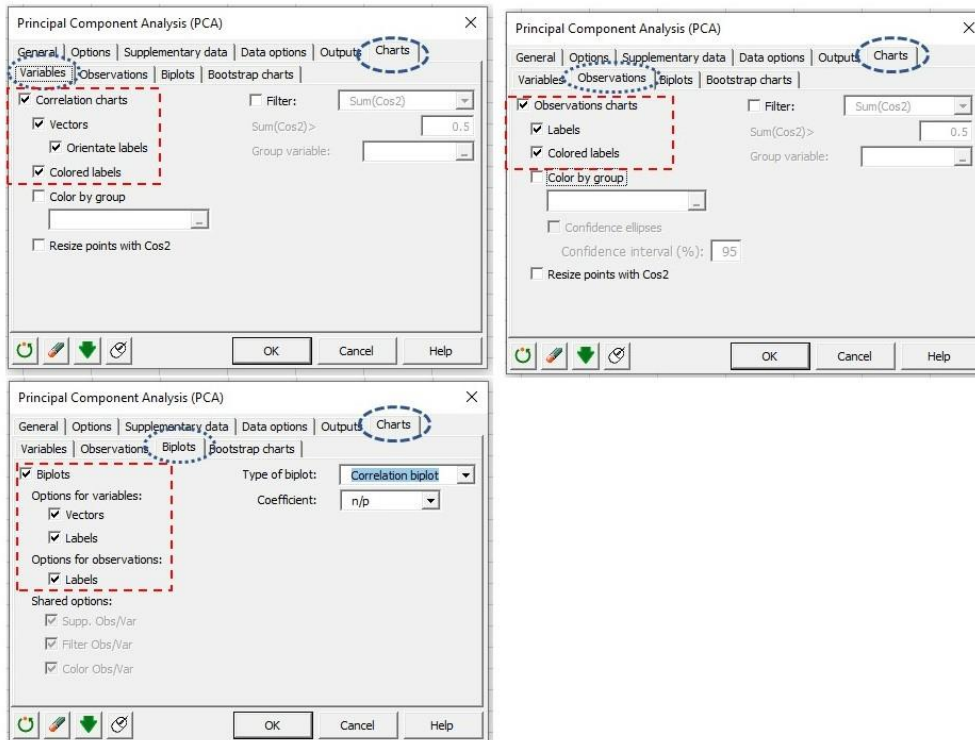


Figura 22: Etapa 4 - XLSTAT

- V. Clicar em OK para dar início à análise computacional baseada nas seleções e configurações realizadas. Irá aparecer uma caixa de diálogo de confirmação com o número de colunas e linhas para cada seleção, se tiver ocorrido algum erro no input de dados, nesta fase aparecerá uma mensagem com erro que é necessário corrigir.

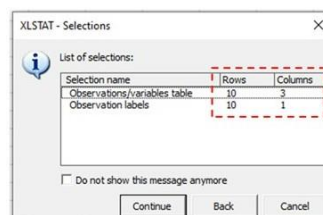


Figura 23: Etapa 5 – XLSTAT

- VI. Selecionar o componente principal para o qual se deseja exibir os gráficos. Interessa selecionar o conjunto de dados que corresponda à maior variação total dos dados. Nesta análise escolheu-se selecionar os fatores 'F1 vs F2', 'F1 vs F3' e 'F2 vs F3'. Clicar em 'Done' para gerar os resultados do PCA.

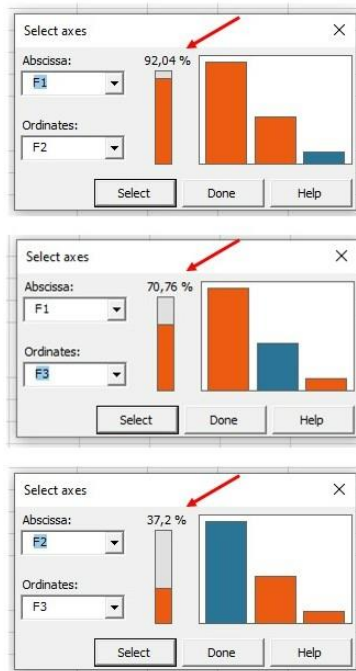


Figura 24: Etapa 6 - XLSTAT

- VII. A análise computacional fica pronta quando, neste caso, é criada uma folha suplementar com toda a informação que foi requisitada.

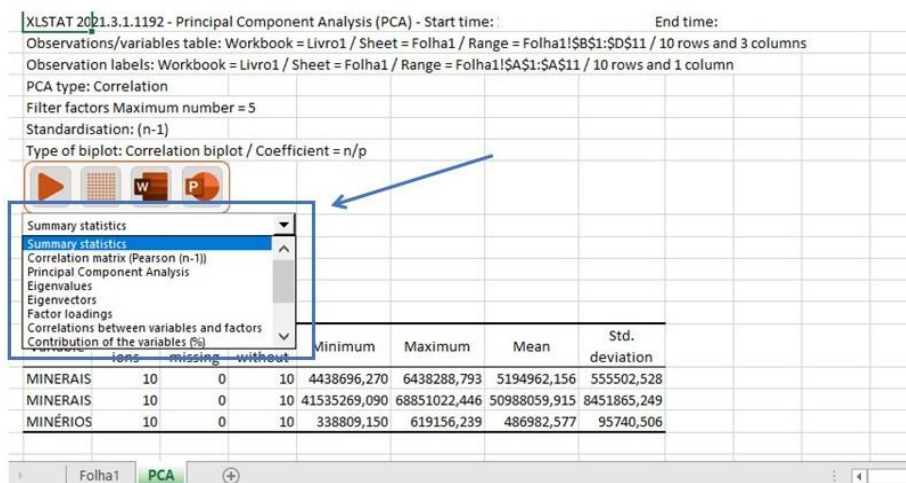


Figura 25: Etapa 7 - XLSTAT

5. Análise de Dados

Após a recolha da informação, foi necessário transformá-la em dados passíveis de serem analisados. Foi feita a escolha de fazer a análise de dados utilizando a quantidade de material em causa em toneladas. Em detrimento da utilização do valor económico do material em causa que além dele próprio depende também do mercado e outros fatores económicos. Isto permitiu manter uma comparação tangível e que não sofre oscilações devido a fatores externos, embora na análise, sempre que se considere necessário também se complemente com esta informação.

A análise de dados foi realizada seguindo a classificação por setores da DGEG.

5.1. Estabelecimentos e Pessoal

Neste tópico ir-se-á abordar a temática relacionada com o número de estabelecimentos e setor laboral na indústria extrativa, as tabelas que acompanham os gráficos apresentados encontram-se no Anexo A.

Na figura 26, representa-se o número de total de estabelecimentos com atividade declarada inseridos na indústria extrativa, entre os anos de 2011 e 2020. Faz-se ainda uma comparação entre a quantidade de pedreiras e de minas.

Após a análise deste gráfico, pode-se observar que o número total de estabelecimentos tem vindo a diminuir, sendo o seu número em 2011 de 842 e em 2020 de 735, isto revela uma queda de 13%.

Olhando para os valores anteriores a 2011 (não representados) confirma-se esta tendência de encerramento de estabelecimentos, tendo começado em 2007-2008, coincidindo com a crise financeira e económica de 2008-2009, causada entre outras razões pelo clima de instabilidade internacional após o 11set2011, poucas restrições ao crédito bancário, insolvência de bancos, e pelo aparecimento da ‘bolha imobiliária’ nos EUA (*subprime*) em 2006. Resumidamente, parece dever-se a uma falha da regulação financeira e ao desequilíbrio macroeconómico. Portugal que já se debatia com a estagnação do crescimento económico foi rapidamente atingido nas suas exportações e no crédito bancário. A razão pelos quais os estabelecimentos fecharam, foi em grande parte como uma consequência que advém da natureza da indústria como pertencente ao

setor primário, uma vez que se não há mercado para onde escoar os produtos não se consegue manter as empresas a laborar.

Em 2010-2013 ocorre outra crise onde havia uma aversão anormal ao risco após as perdas registadas anteriormente, os países mais afetados na Zona Euro foram os periféricos. Em Portugal (tal como na Grécia e Irlanda) ocorreu o resgate com pacotes de financiamento da Comissão Europeia, do Banco Central Europeu e do Fundo Monetário Internacional (*troika*), dado que os efeitos desta crise foram arrasadores na economia e na sociedade.

Na figura 26 é possível verificar a consequência desta recessão com o fecho de 84 estabelecimentos entre 2011 e 2013. A partir de 2014 dá-se uma estabilização do número total de estabelecimentos, e em 2020 dá-se uma nova queda, esta como provável consequência da Pandemia de COVID-19.

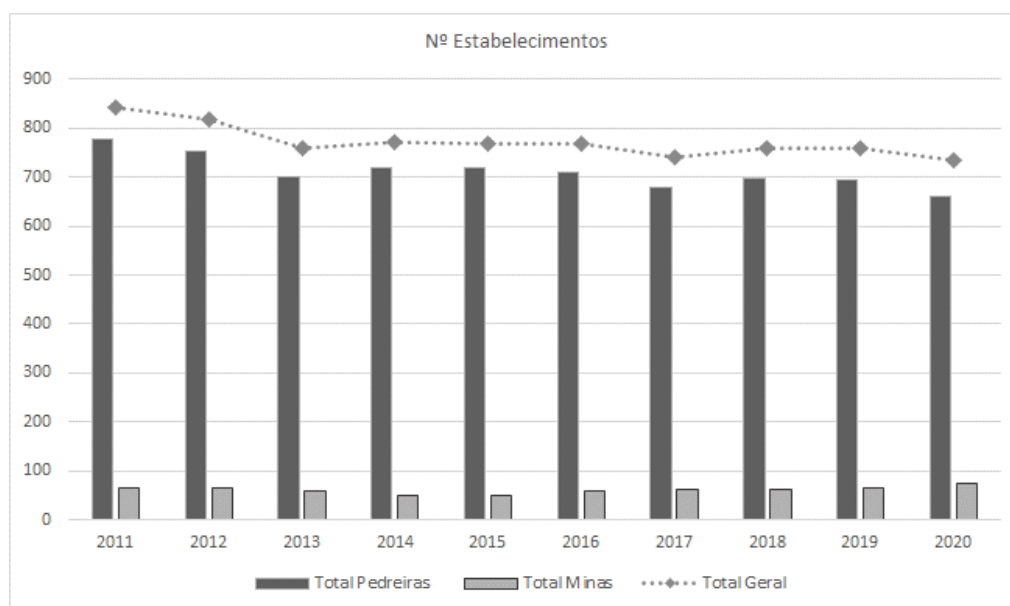


Figura 26: Total de Estabelecimentos (Pedreiras vs. Minas) (DGEG, 2021)

Olhando separadamente para os valores das pedreiras e das minas, verifica-se que a tendência de forma geral acompanha a tendência geral. Nestes anos (2011-2020) a quantidade de minas corresponde a 7-10% do total de estabelecimentos da indústria extrativa, tendo ocorrido um aumento no seu número comparativamente com as pedreiras, que diminuíram em número, fazendo descer o valor total de estabelecimentos.

No entanto é possível constatar que não há variação no número de minas de minérios metálicos não ferrosos (n=5), estando estas localizadas nos distritos de Beja, Évora, Castelo Branco e Coimbra.

Se apenas se considerar os estabelecimentos de extração de minerais industriais neste ciclo (2011-2020), verifica-se a tendência para o número de pedreiras e de minas se estar a aproximar. A linha de tendência em minas está a subir, com o aumento do número de estabelecimentos, por seu lado, as pedreiras após um decréscimo, demonstra uma estagnação. Em valores totais, o número de estabelecimentos foi o mais baixo em 2015 (n=118), mas a sua quantidade está a subir e apresenta valores superiores (n=140) a 2013 (n=130).

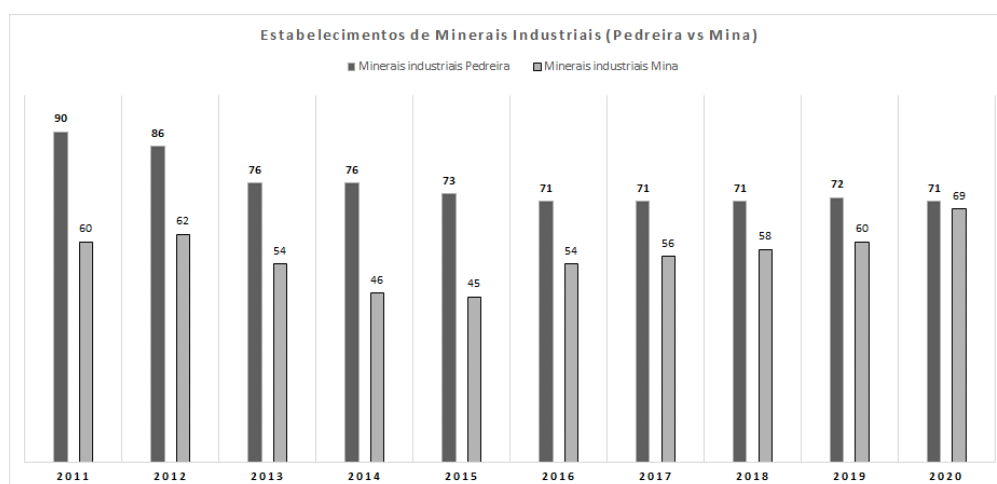


Figura 27: Comparação entre exploração de minerais industriais em pedreira e em minas (DGEG, 2021)

Considerando agora apenas as minas, na representação gráfica seguinte (Figura 28) podemos visualizar o número de minas com atividade produtiva declarada, de 2004 a 2020. Aqui, verifica-se que até 2008 o número de estabelecimentos se manteve estável, seguindo-se um declínio até ao valor mínimo em 2015, desde então confirma-se uma subida regular no número de minas em funcionamento. Estas variações resultam do setor dos minerais industriais, já que o número de minas de minérios metálicos se mantém igual.

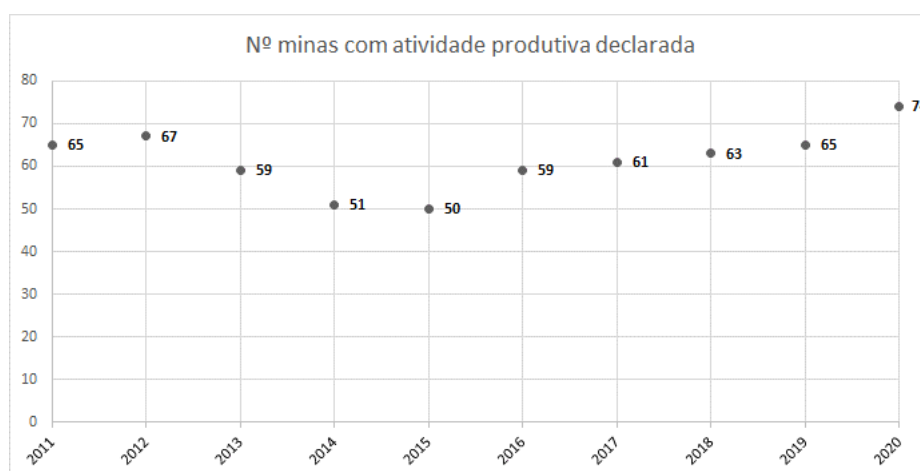


Figura 28: Nº de Minas com atividade produtiva declarada (DGEG, 2021)

Considerando agora também os subsetores dos minerais industriais, no gráfico da figura 29, podemos verificar que os grandes responsáveis por estas variações são os grupos das 'Argila e Caulino' e os 'Outros minerais industriais'.

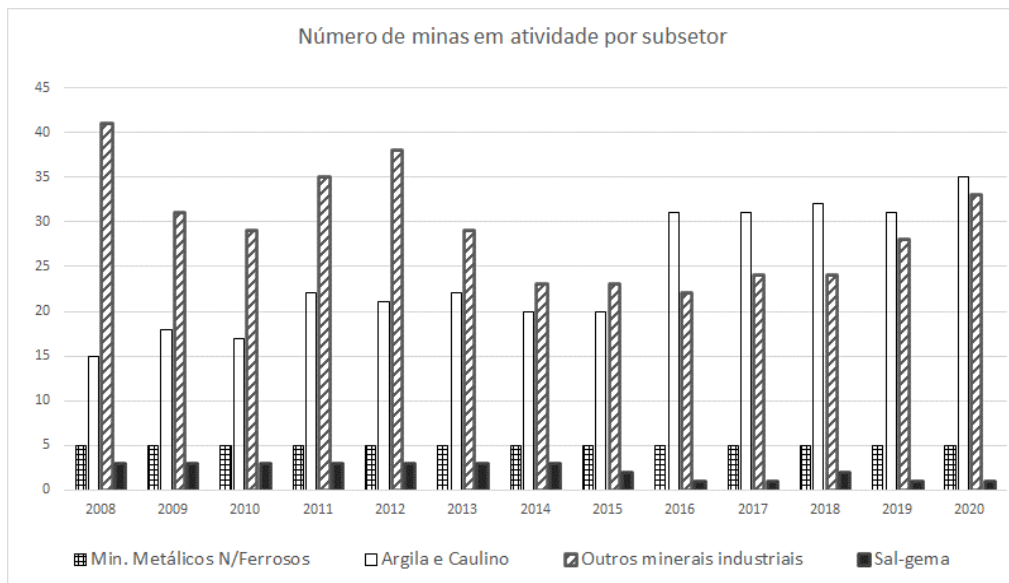


Figura 29: Nº de minas em atividade por subsetor (DGEG, 2021)

Relativamente ao Pessoal empregado pelas minas, a partir da figura 30 constata-se que nos anos de 2008 e 2009 o número de trabalhadores foi o mais baixo no ciclo estudado, coincidindo com os anos da crise mencionada anteriormente. A partir de 2010 verifica-se um aumento no número de trabalhadores até um pico em 2012 (quase que duplicando no global), desde então tem sofrido algumas flutuações, mas mantendo-se relativamente estável.

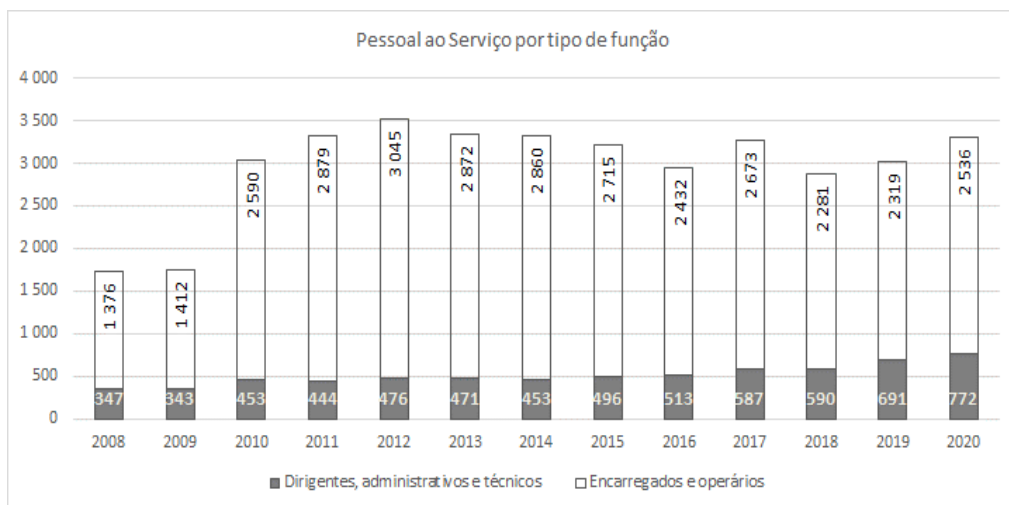


Figura 30: Pessoal ao serviço (em minas) por tipo de função (DGEG, 2021)

O pessoal é separado de acordo com as suas funções, os ‘Dirigentes, administrativos e técnicos’ e os ‘Encarregados e operários’. E neste gráfico também é possível comparar as diferenças de números entre os dois grupos de trabalhadores.

Para ser possível fazer uma avaliação de forma mais pormenorizada, relativamente ao pessoal ao serviço por subsetor, decidiu-se separar os dois grupos.

No gráfico 31, o pessoal ‘Dirigentes, administrativos e técnicos’ e no gráfico 32 o pessoal ‘encarregado e operários’. A quantidade de pessoal necessária em cada grupo está bem representada, e explica-se pelas diferenças normais e técnicas dos trabalhos que estes executam. Por exemplo, enquanto num turno pode ser só necessário um administrativo, já vão ser necessários 20 operários.

Estas diferenças também se acentuam entre o tipo de mina e o produto a explorar. Vejamos o caso das minas de sal-gema, no período estudado (2008-2020). O número de ‘Dirigentes, administrativos e técnicos’ varia entre o 10 e 13, e os ‘encarregados e operários’ entre 45 e 2. Este setor é mais mecanizado e automatizado e como se pode verificar, são os que têm o menor número de pessoal, embora também o número de estabelecimentos tenha descido de 3 para 1.

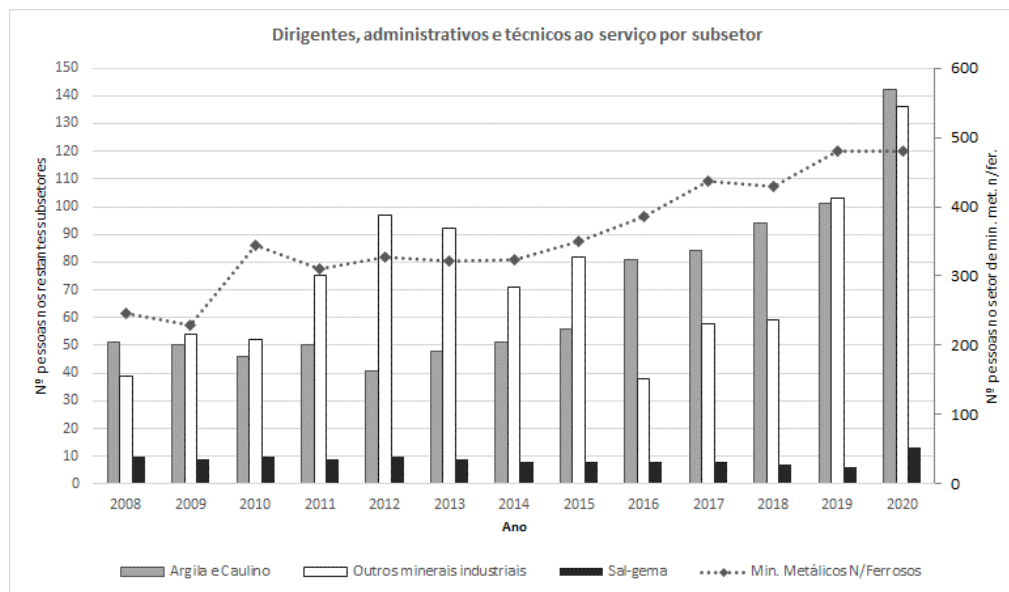


Figura 31: Minas - Pessoal ao serviço (dirigentes, administrativos e técnicos) por setor (DGEG, 2021)

No lado oposto temos o caso das minas de minério metálico não ferroso, com 5 estabelecimentos, trata-se assim da área de exploração que mais recursos humanos utiliza. Esta é um tipo de exploração mais exigente e morosa, e que necessita de muitas etapas para se obter o

minério, estas minas também trabalham por turnos a 24/7, logo o número de trabalhadores aumenta. Tal como nos outros setores nos anos de 2008-2009 o número de ‘encarregados e operários’ manteve-se estável, tendo ocorrido uma subida significativa em 2010, com um pico 2012. A partir daí o número de funcionários tem vindo a diminuir, tendo-se mantido estável desde 2018. Relativamente aos ‘Dirigentes, administrativos e técnicos’, o seu número tem vindo a crescer de forma gradual ao longo da década, sendo interessante observar que este atingiu um plano de estabilidade ao mesmo tempo que os ‘encarregados e operários’ apresentavam o seu pico máximo de trabalhadores.

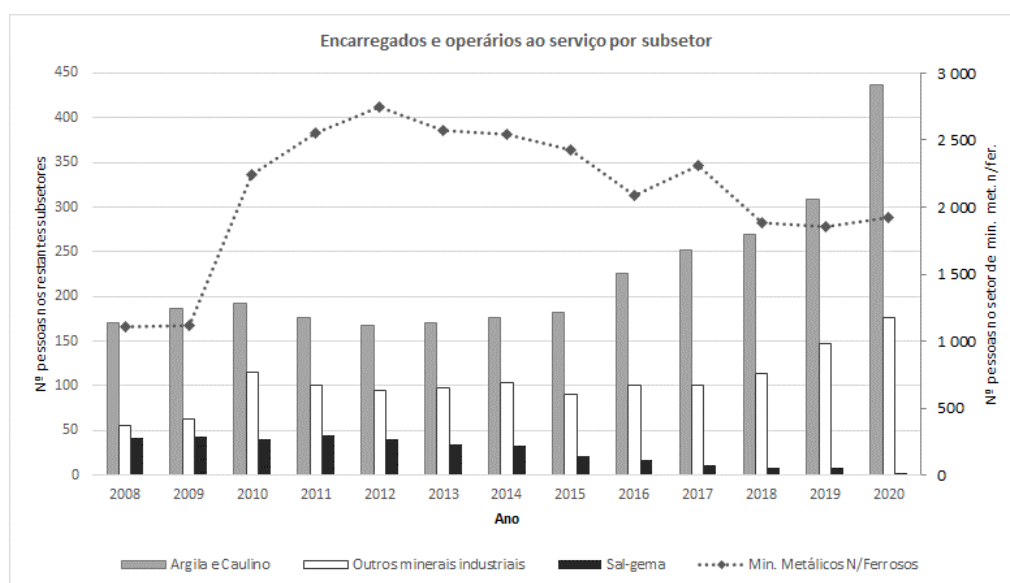


Figura 32: Minas - Pessoal ao serviço (encarregados e operários) por setor (DGEG, 2021)

De forma semelhante, é possível fazer análise para as pedreiras. Na representação gráfica seguinte (figura 33) podemos visualizar o número de pedreiras com atividade produtiva declarada, de 2008 a 2020.

De forma geral o número de pedreiras diminuiu entre 2008 e 2020, os valores mantiveram-se estáveis até 2010, tendo ocorrido uma quebra no número de estabelecimentos de forma semelhante pelos subsectores considerados. As Rochas Ornamentais representam o maior número de estabelecimentos, seguindo-se os agregados. Por outro lado, os minerais para cimento e cal são os que têm o menor número de estabelecimentos (n=14), e estão localizados dos distritos de Leiria e Santarém. O número de pedreiras de minerais industriais diminuiu, mas tem-se mantido estável.

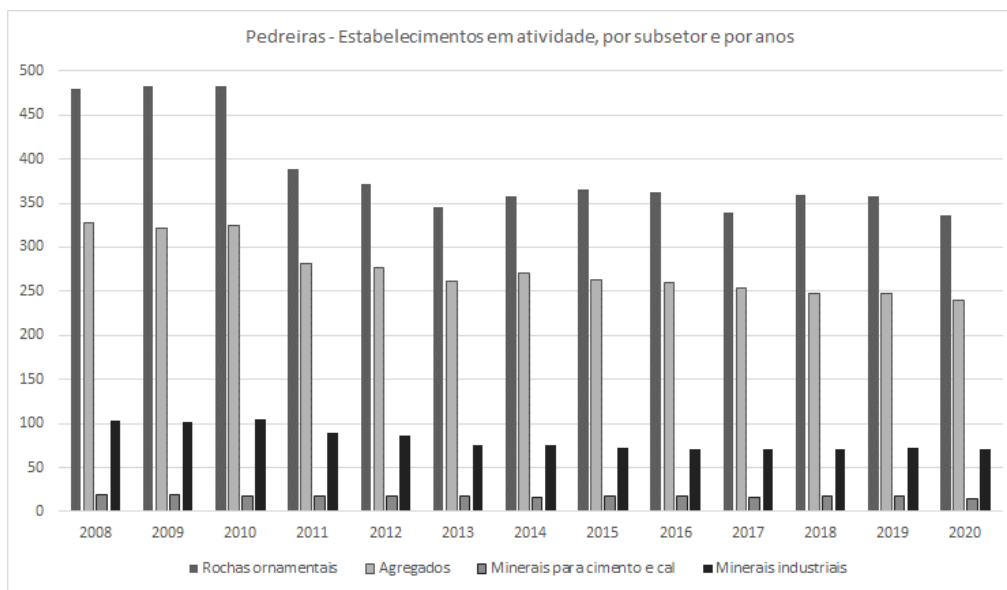


Figura 33: Nº Pedreiras em atividade por subsetor (DGEG, 2021)

Na figura 35 temos uma representação gráfica para cada subsetor, o que nos permite visualizar com maior pormenor as variações no número de estabelecimentos e consequentemente quais é que afetaram o valor total.

Relativamente ao Pessoal empregado pelas Pedreiras (figura 34), este também se divide em dois grupos, e como nas Minas os 'Encarregados e Operários' representam o maior número, cerca de 80% dos funcionários. Esta proporção mantém-se relativamente estável (o ponto mais baixo é de 76% em 2014-15), mesmo considerando as oscilações no número de trabalhadores e a queda que ocorreu em 2012-13.

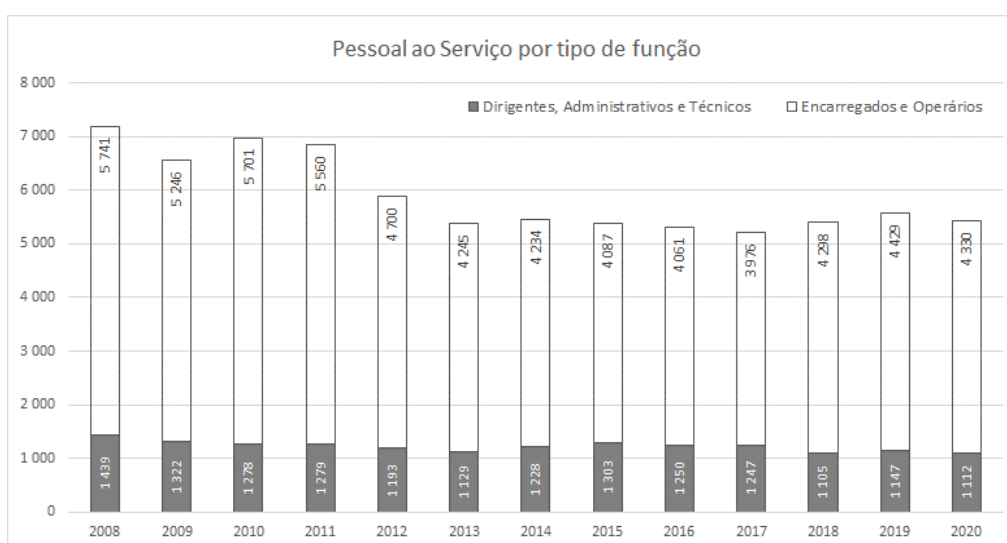


Figura 34: Pessoal ao serviço (em pedreiras) por tipo de função (DGEG, 2021)

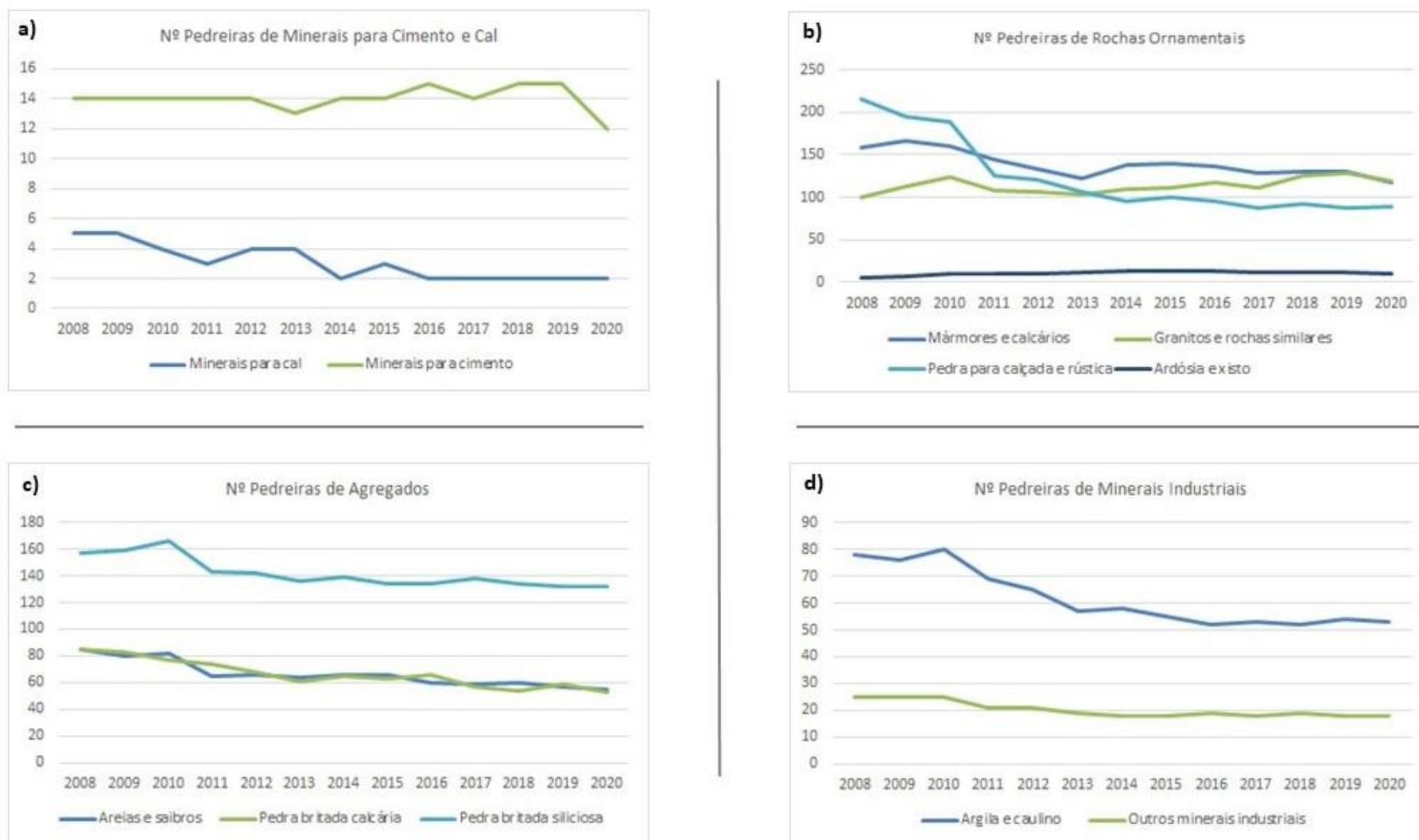


Figura 35: Pedreiras por subsetor: a) Cimento e Cal, b) Rochas Ornamentais, c) Agregados, d) Min. Industriais (DGEG, 2021)

Outra forma de analisar o Pessoal em serviço nas pedreiras é vendo como é que estes estão dispersos pelos setores de atividade - figura 36.

Embora o número de estabelecimentos de Minerais Industriais seja aproximadamente 1/5 do número de pedreiras de Rocha Ornamental é possível visualizar que tanto as Rochas Ornamentais como os Minerais Industriais representam valores semelhantes de postos de trabalho.

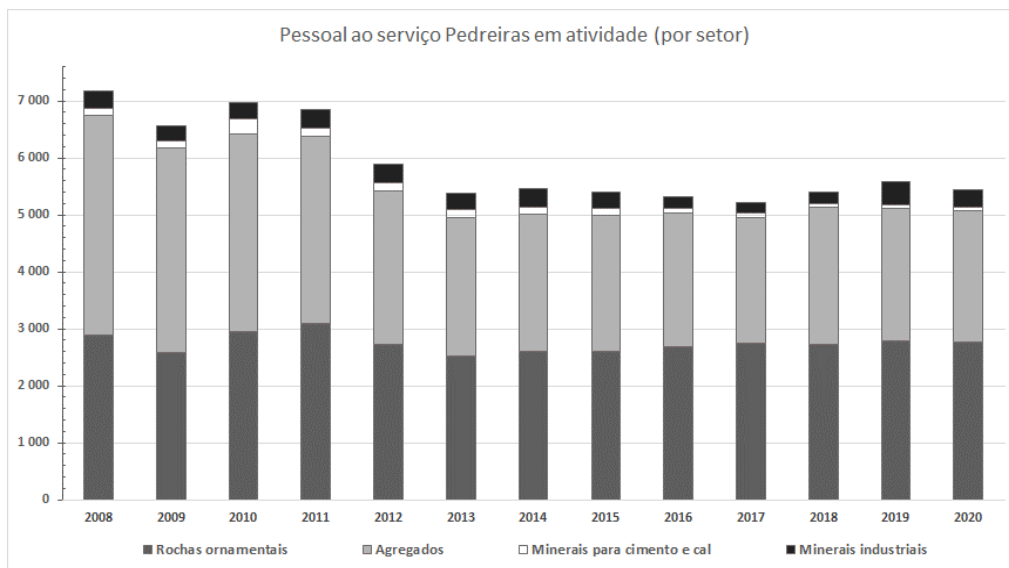


Figura 36: Pessoal ao serviço em Pedreiras por setor e ano (DGEG, 2021)

Para ser possível fazer uma avaliação de forma mais pormenorizada, relativamente ao pessoal ao serviço por subsetor, decidiu-se separar os dois grupos (Figuras 37 e 38).

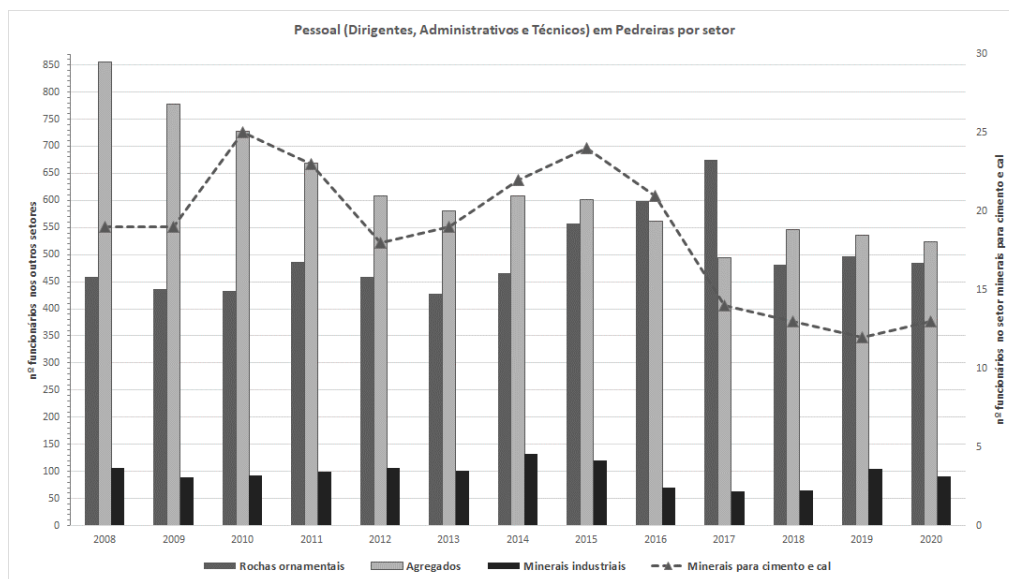


Figura 37: Pedreiras - Pessoal ao serviço (dirigentes, administrativos e técnicos) por setor (DGEG, 2021)

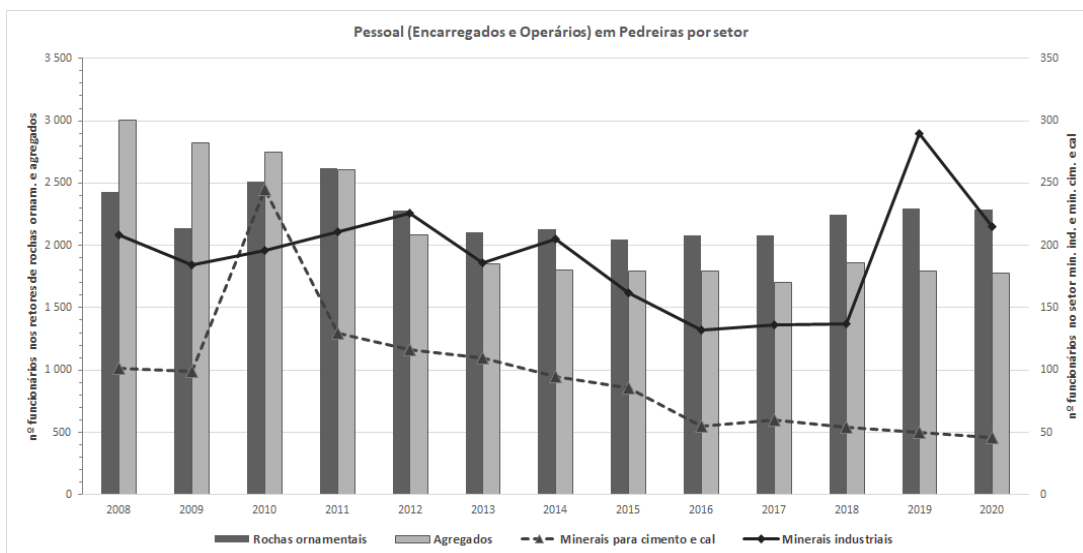


Figura 38: Pedreiras - Pessoal ao serviço (encarregados e operários) por setor (DGEG, 2021)

A título exemplificativo (Figura 39), selecionou-se o ano de 2020 para se analisar melhor as diferenças entre os diferentes subsectores nas pedreiras. Assim, as 71 pedreiras de Minerais Industriais têm 91 ‘Dirigentes, administradores e técnicos’ e 215 ‘Encarregados e Operários’; já as 14 Pedreiras para cimento e cal têm 13 ‘Dirigentes, administradores e técnicos’ e 46 ‘Encarregados e Operários’. Os setores com maior mão-de-obra também são aqueles com o maior número de estabelecimentos. As 240 pedreiras de Agregados, têm 523 ‘Dirigentes, administradores e técnicos’ e 1781 ‘Encarregados e Operários’; por seu lado as 336 pedreiras de Rocha Ornamental têm 485 ‘Dirigentes, administradores e técnicos’ e 2288 ‘Encarregados e Operários’.

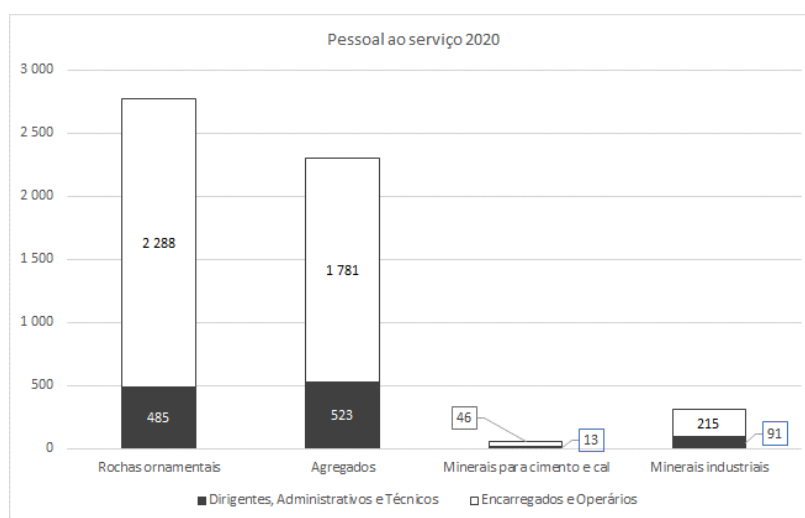


Figura 39: Exemplo do Pessoal ao Serviço em Pedreiras em 2020 (DGEG, 2021)

Estes números levam a supor que algumas destas pedreiras com atividade declarada, pertencem à mesma empresa, e partilham escritórios e/ou recursos técnicos e humanos, os atualmente designados serviços partilhados.

5.2. Setores

Neste tópico ir-se-á abordar a temática relacionada com a produção nacional dos diferentes setores. As tabelas que acompanham os gráficos apresentados encontram-se nos Anexo C e D.

De uma forma inicial será interessante observar a produção comercial para o ano de 2020, fazendo-se a divisão por grandes setores – Figuras 40 e 41.

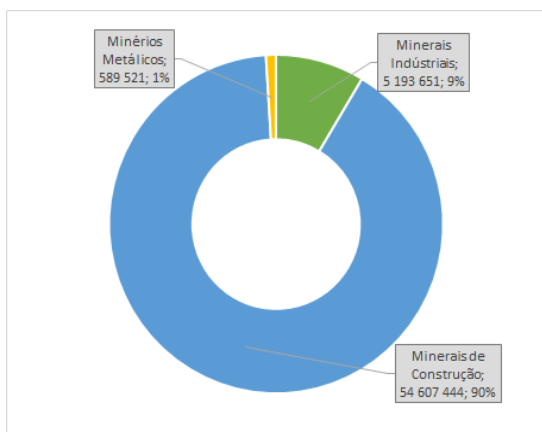


Figura 40: Produção comercial em Minas e Pedreiras (ton) 2020 (DGEG, 2021)

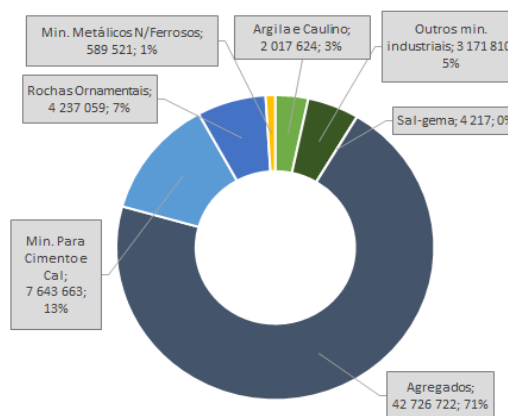


Figura 42: Produção comercial em Minas e Pedreiras, por subsector (ton) 2020 (DGEG, 2021)

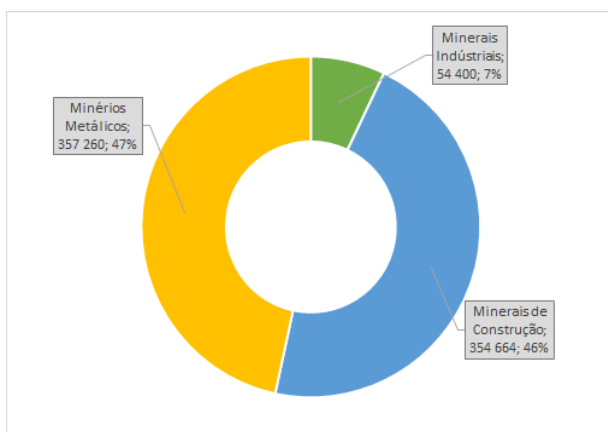


Figura 41: Produção comercial em Minas e Pedreiras (10³ €) 2020 (DGEG, 2021)

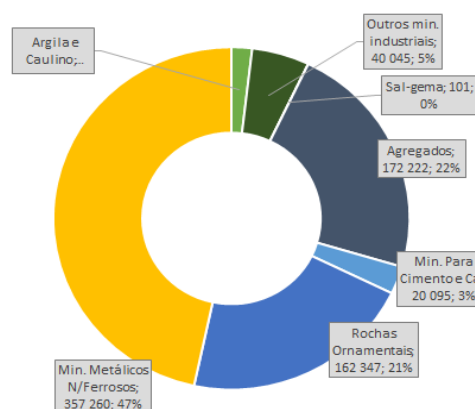


Figura 43: Produção comercial em Minas e Pedreiras, por subsector (10³ €) 2020 (DGEG, 2021)

Fazendo-se uma análise para a produção em toneladas, os minerais de construção representam 90% da indústria extrativa, os minerais industriais cerca de 9% e os minérios metálicos apenas 1%. No entanto, se olharmos para o seu valor comercial, os minérios metálicos já representam 47% do valor obtido, mais do que os 46% dos minérios de construção. Isto revela que embora a quantidade produzida seja reduzida, comparativamente com os outros tipos de minerais e tenha um pequeno número de estabelecimentos, o setor de minerais metálicos é um mercado de alto valor económico.

Esta característica também é visível quando consideramos os subsectores da indústria extrativa – Figuras 42 e 43. É possível discernir que a subdivisão dos minerais nos diferentes setores, e no setor de construção verifica-se que a produção em toneladas de agregados corresponde a 71% do total e que a de rochas ornamentais a 7%, mas que os seus valores comerciais são muito próximo, o que indica que o produto ornamental é de valor acrescentado.

5.2.1. Recursos Minerais Industriais

Relativamente à produção nacional de minerais industriais, temos três grandes subsectores, a ‘Argila e Caulino’, ‘Sal-Gema’ e ‘Outros minerais industriais’.

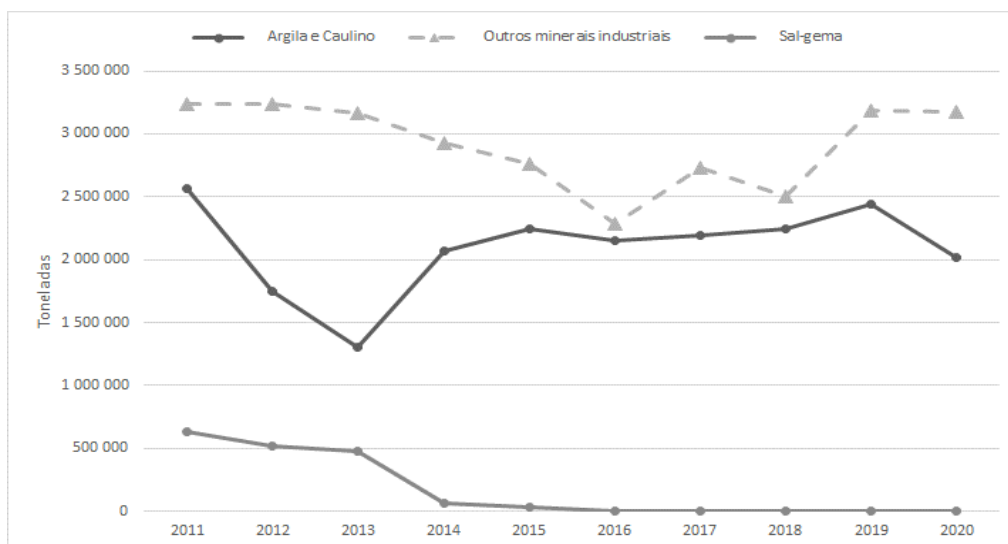


Figura 44: Produção de Minerais Industriais, por subsector - em toneladas (DGEG, 2021)

Fazendo uma análise rápida, podemos verificar que a produção de sal-gema tem vindo a diminuir, e quando a sua produção estava estável os valores comerciais diminuíram para cerca de metade

consecutivamente, entre 2011 e 2014, desde então a quantidade produzida é reduzida quando comparada com valores anteriores (Figuras 44 e 45).

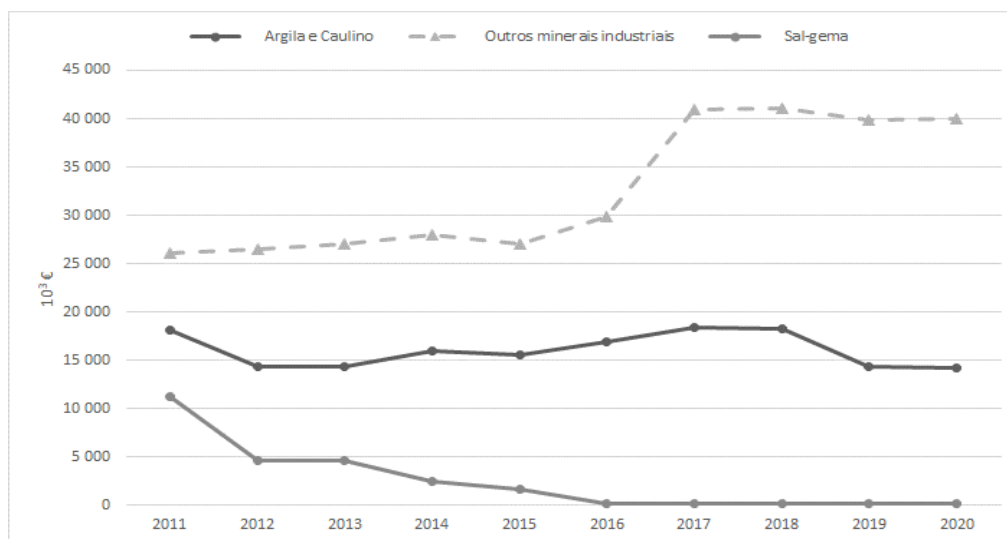


Figura 45: Produção de Minerais Industriais, por subsetor - em euros (DGEG, 2021)

Embora a produção de Argila e Caulino, tenha uma altura em 2013 algo irregular (Figura 44), devido à queda na produção de Argila comum (Figura 46), o valor comercial que se obteve neste setor manteve-se bastante regular (Figura 45). É possível verificar ainda que embora a produção de caulino seja muito inferior à da argila comum, é este que é responsável pela grande fatia dos euros que são comercializados.

No que diz respeito aos 'outros minerais industriais' é onde são agregados todos os outros minerais que são aplicados de alguma forma na indústria, como por exemplo o feldspato, o talco, o pegmatito, o calcário, etc... Este subsetor é o que mais produz, tanto em quantidade quando em valor comercial, embora se verifique no nos últimos anos tenha estado algo irregular na quantidade produzida, o valor obtido tem vindo a aumentar, e que em 2020 para as mesmas toneladas estão a receber mais 60% € do que em 2011 (Figuras 44 e 45). Isto deve-se essencialmente à areia especial cujo valor é elevado quando comparado com os outros minerais do mesmo subsetor (Figura 47), em comparação o calcário para a indústria transformadora representa uma grande parte da quantidade produzida, mas isso não se reflete no valor obtido.

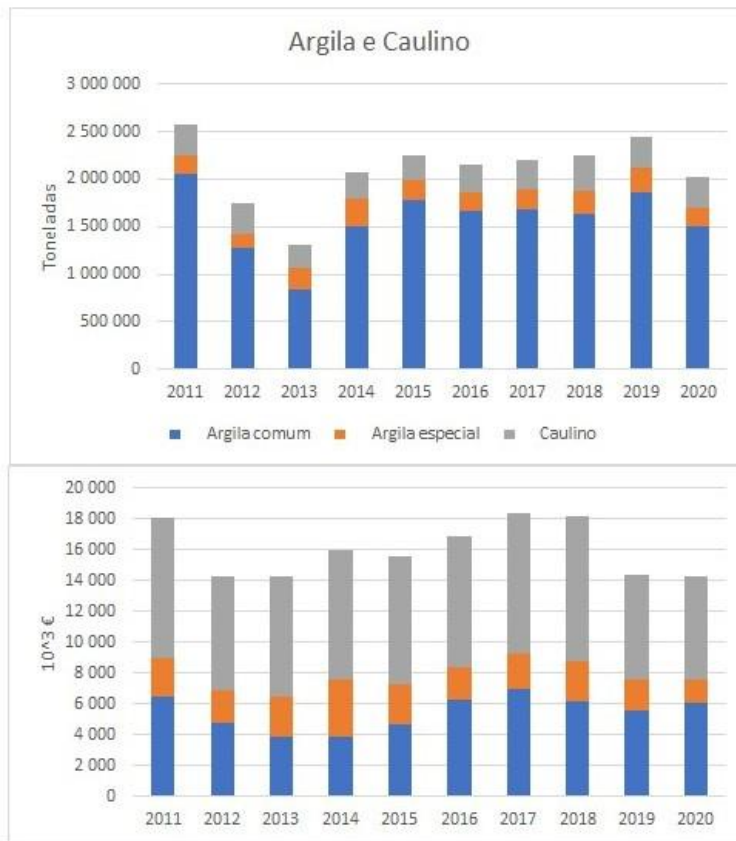


Figura 46: Produção Nacional do subsetor das Argilas e Caulinos (DGEG, 2021)

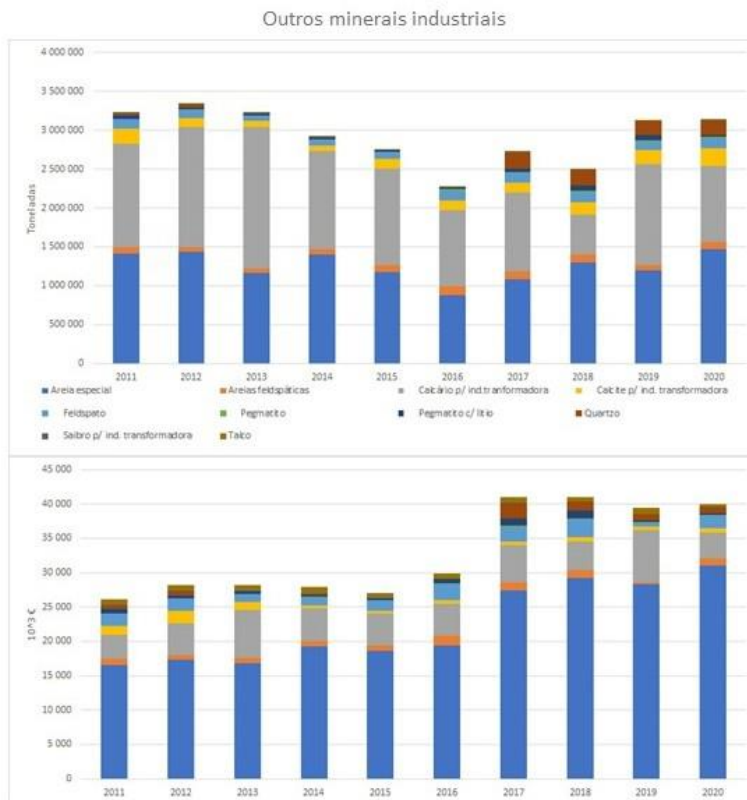


Figura 47: Produção Nacional do subsetor dos outros minerais industriais (DGEG, 2021)

5.2.2. Recursos Minerais de Construção

Relativamente à produção nacional de minerais de construção, também três grandes subsectores, os ‘Agregados’, os ‘Min. Para Cimento e Cal’ e ‘Rochas Ornamentais’.

As figuras 48 e 49, são representações gráficas que nos permitem visualizar a evolução entre a produção dos minerais de construção e o seu valor comercial.

Como podemos verificar a quantidade de rocha ornamental é reduzida, mas mantém-se estável ao longo do período estudado, no entanto se virmos o seu valor comercial é, de forma geral, o mais elevado. Isto explica-se devido ao facto de este ser um produto de valor acrescentado, associado à implementação da marca Stone, criada pelo Cluster dos Recursos Minerais de Portugal, setor constituído principalmente por granitos e mármore ornamentais com destino à exportação (Figura 50).

Por outro lado, o setor dos agregados tem um mercado mais doméstico e embora em 2011 fosse o maior produtor de minerais de construção, este setor ressentiu-se com a crise e a quantidade produzida diminuiu em quase 50%, só começando a recuperar em 2017, tendo sofrido uma nova queda em 2019. O valor comercial dos agregados acompanha o ritmo da produção (Figuras 48 e 49).

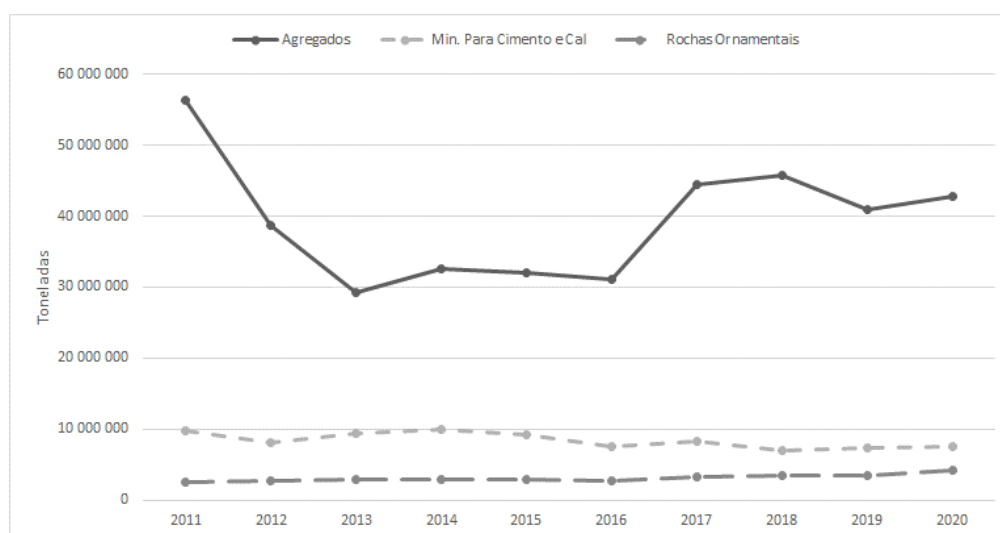


Figura 48: Produção de Minerais de Construção, por subsector - em toneladas (DGEG, 2021)

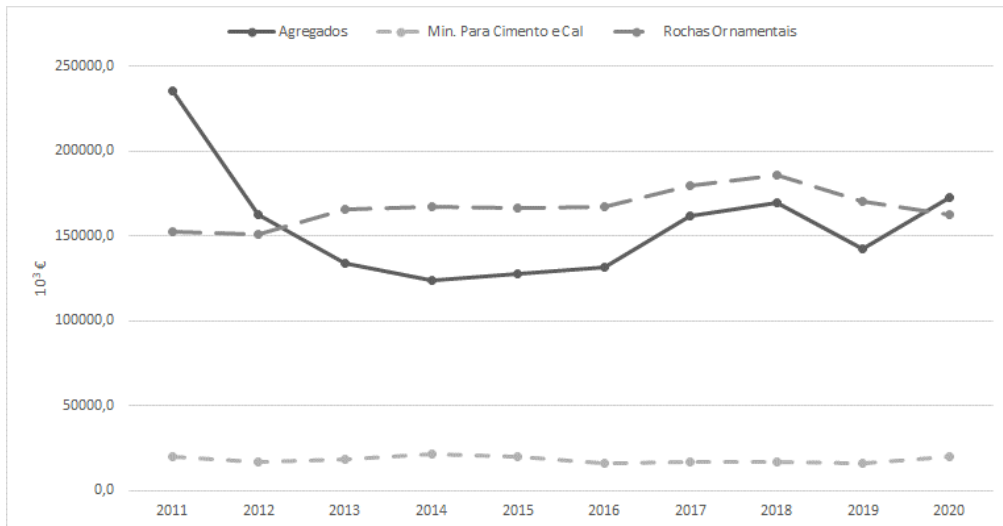


Figura 49: Produção de Minerais de Construção, por subsetor - em euros (DGEG, 2021)

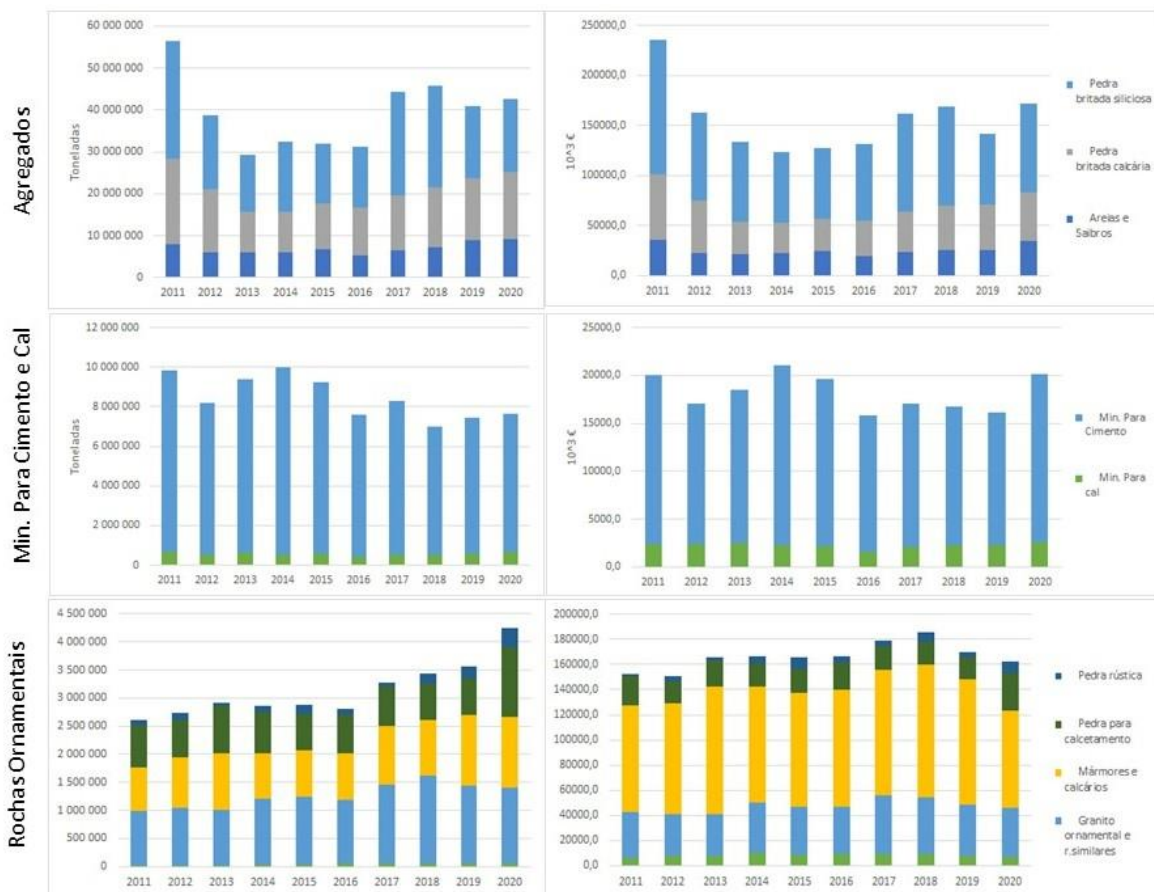


Figura 50: Produção Nacional dos 3 Subsetores dos Minerais de Construção (DGEG, 2021)

5.2.3. Recursos de Minérios Metálicos

Relativamente à produção nacional de minérios metálicos, estes estão restritos a minérios não ferrosos, sendo o cobre e o zinco as principais substâncias produzidas (figuras 51 e 52).

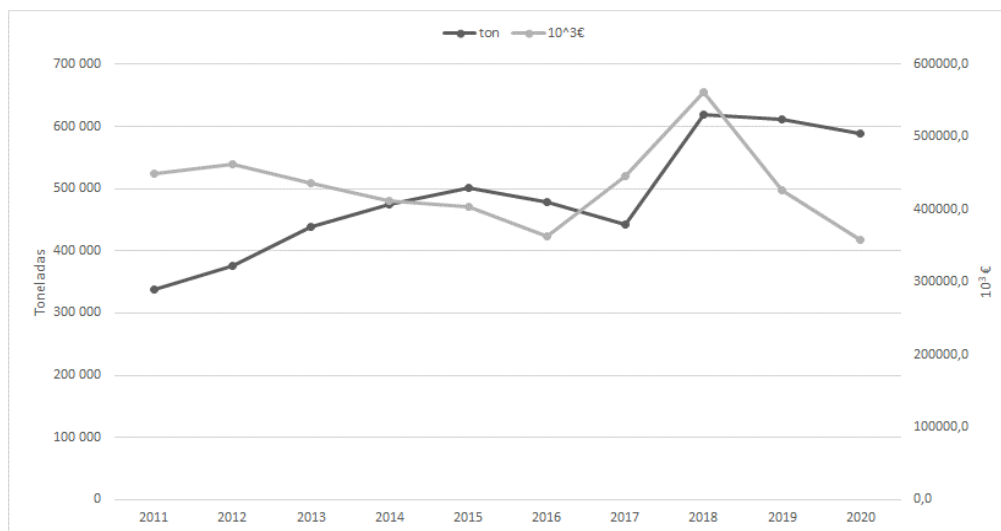


Figura 51: Produção de Minérios metálicos - em toneladas (à esquerda) e em euros (à direita) (DGEG, 2021)



Figura 52: Produção Nacional por tipo de minério metálico (DGEG, 2021)

A quantidade de minérios metálicos tem vindo a subir, mas o valor comercial diminuiu bastante nos últimos 2 anos, para valores de 2016 (Figura 51). Observando a representação gráfica da

figura 52, podemos verificar que a quantidade de cobre produzido tem vindo a diminuir, assim como o valor obtido no mercado, por outro lado a produção de zinco está a aumentar tal como o seu valor. Considerando o tipo de minerais em causa, a produção costuma estar associada às cotações internacionais em bolsa destes metais, já que a maior parte da produção é para exportação, só é rentável produzir e exportar quando o valor está em alta, assim este é um dos casos em que o mercado dita o que se produz, especialmente em minas que têm mais que uma valência. Interessante é também que no gráfico da produção em toneladas não é possível visualizar a quantidade de minério de tungsténio, no entanto o seu valor em euros é bem visível no gráfico inferior, indicando que uma pequena quantidade tem um valor elevado.

5.2.4. Recursos Minerais Energéticos

Neste tópico ir-se-á abordar a temática relacionada com os recursos minerais energéticos, como mencionado anteriormente, apenas vamos tratar os consumos e importações/exportações em Portugal. As tabelas que acompanham os gráficos apresentados encontram-se no Anexo B.

5.2.4.1. Carvão

A indústria tradicional que em Portugal consome mais carvão é a indústria do cimento, química, a metalurgia e a siderurgia. Embora também seja utilizada na indústria extrativa, na Metaló-eleto-mecânicas ou outras indústrias transformadoras. Relativamente à utilização de carvão para produção de energia elétrica esta é realizada em centrais elétricas.

Como é possível observar no gráfico seguinte (Figura 53) o consumo de carvão é comandado pela produção de energia elétrica comparativamente à sua utilização na indústria, sendo que em 2016 a proporção era de aproximadamente 1:253 toneladas. A diminuição da utilização de carvão na produção destas indústrias em território nacional e/ou alteração e evolução nas metodologias de produção que já não exigem carvão para obter os produtos desejados.

Podemos ainda verificar que ocorreu uma diminuição generalizada do consumo entre 2000 e 2009, e que este tem vindo a aumentar.

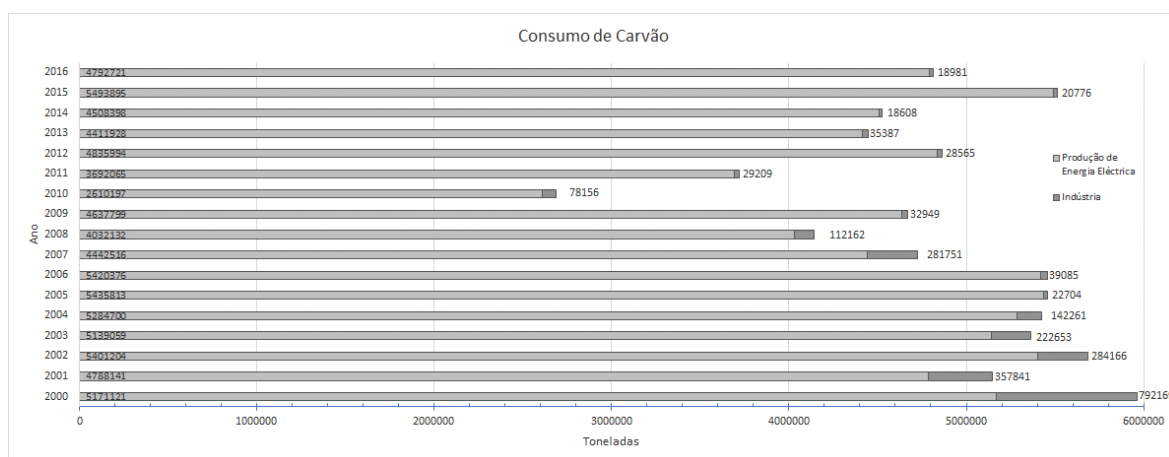


Figura 53: Tipo de Consumo de Carvão em Portugal por ano 2000-2016 (DGEG, 2021)

Considerando a Importação/Exportação do Carvão Mineral em Portugal, podemos verificar pela Tabela 6, que a exportação corresponde a uma quantidade mínima do carvão importado. A importação de carvão tem, ao longo da década em avaliação, sofrido várias flutuações, tendo acompanhado em parte as variações no seu consumo, podemos, no entanto, constatar uma queda abrupta na importação de carvão, de 2018 para 2019, de aproximadamente 50%. Isto pode ser explicado pelo abandono do uso de carvão para a produção de eletricidade, nomeadamente nas centrais termoelétricas de Sines e do Pego, e o previsto encerramento destas centrais a carvão em preferência das centrais de ciclo combinado a gás natural a assumir o papel de *backup* do sistema elétrico.

Tabela 6: Importação e Exportação de Carvão Mineral (em toneladas e Euros)

Ano	Importação (ton)	Exportação (ton)	Importação (10 ³ €)	Exportação (10 ³ €)
2011	3 623 762	26 134	308 811	2 901
2012	5 038 256	11 527	358 248	2 046
2013	4 214 623	9 154	249 702	1 601
2014	4 433 217	6 524	241 581	1 110
2015	5 098 078	1 271	261 623	210
2016	5 238 221	12 661	276 251	807
2017	5 625 546	5	417 487	18
2018	4 285 451	3 337	338 473	527
2019	2 844 535	417	173 048	85
2020	230 287	1 587	14 793	179

A exportação de carvão usualmente funciona nos mercados de valor acrescentado, onde o produto sofre algum tipo de transformação antes de ser re-exportado.

5.2.4.2. Gás Natural

Em sentido oposto ao carvão está o aumento das importações de gás natural, que tal como mencionado anteriormente, está cada vez mais a ser utilizado em alternativa ao carvão, como fonte de energia.

Relativamente à forma de importação desta fonte energética, como se trata de um gás é necessária uma forma de o acondicionar, para tal este é armazenado na forma líquida à pressão atmosférica em tanques próprios com bom isolamento térmico, mantidos a um ponto de temperatura inferior ao ponto de condensação do gás natural e, neste estado, o gás natural é chamado de GNL – gás natural liquefeito, aumentando a segurança e facilitando o seu transporte.

Na figura 54 podemos visualizar uma representação gráfica das importações de gás natural por tipo de transporte, e verifica-se que os dados para o transporte rodoviário apenas estão disponíveis a entre 2013 e 2019, no entanto, os valores são muito baixos quando comparados com os outros tipos de transporte, o pico máximo observado é de 12 000 Nm³.

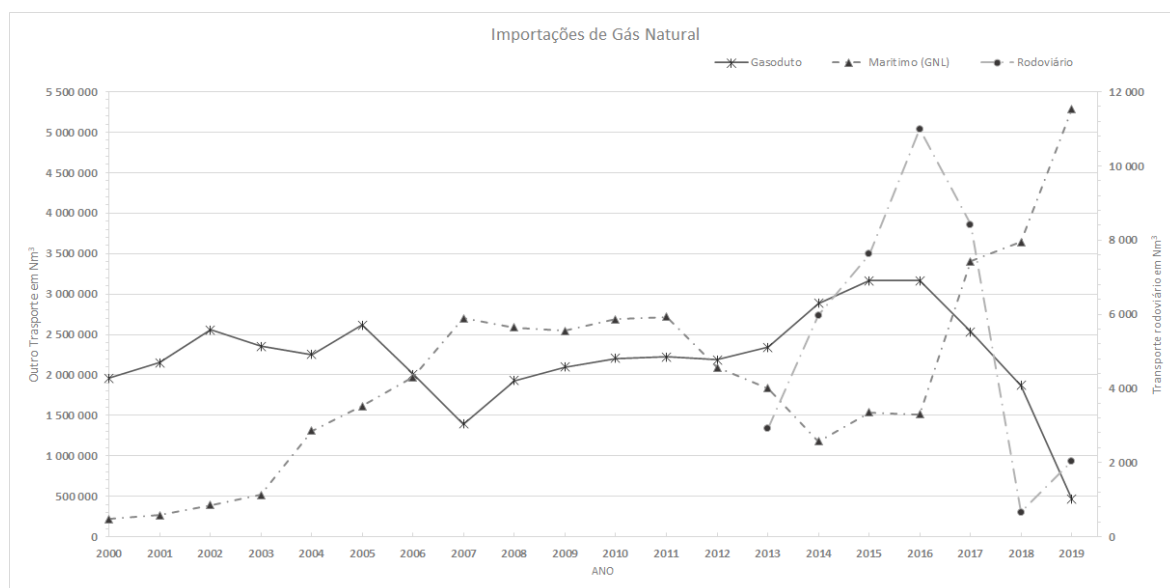


Figura 54: Importações de Gás Natural por tipo de transporte (DGEG, 2021)

Relativamente ao transporte marítimo e via gasoduto, estes estão em contrassenso, quando um aumenta, o outro diminui, mantendo até 2017 um equilíbrio. Em 2018 verifica-se um aumento no transporte marítimo, compatível com a queda da importação do carvão.

Observando as origens do gás natural, tendo em conta o tipo de transporte (figura 55), até 2009 o principal fornecedor por gasoduto era a Argélia, mas com a ligação dos sistemas ibéricos ao sistema europeu, o gás natural começou a ter novas origens.

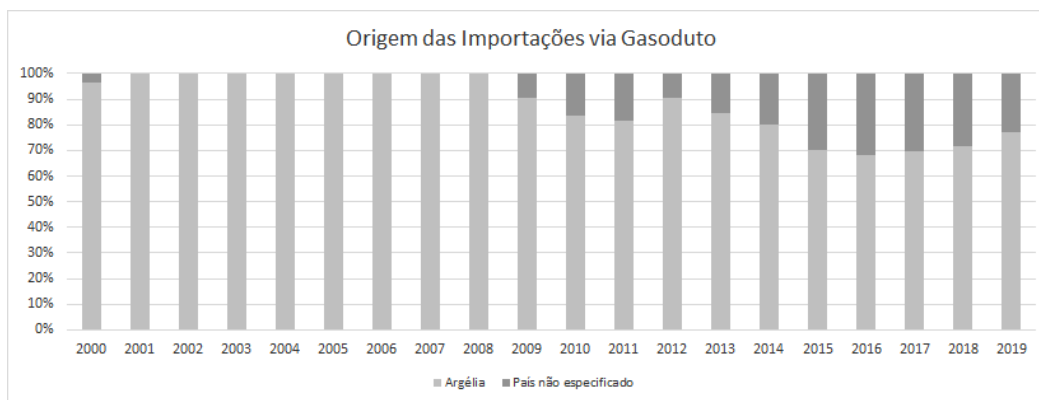


Figura 55: Origem das Importações de Gás Natural via Gasoduto (DGEG, 2021)

Quanto ao transporte por via marítima (Figura 56), o principal fornecedor também era apenas um até 2011, a Nigéria, mas em 2009 começam a entrar em jogo novos países. Desde 2013 existem várias origens dos navios GNL, sendo além da Nigéria os maiores exportadores para Portugal são o Catar, Argélia e EUA. Por vezes é impossível conhecer o país de origem do gás natural e este é classificado como proveniente de país não especificado.

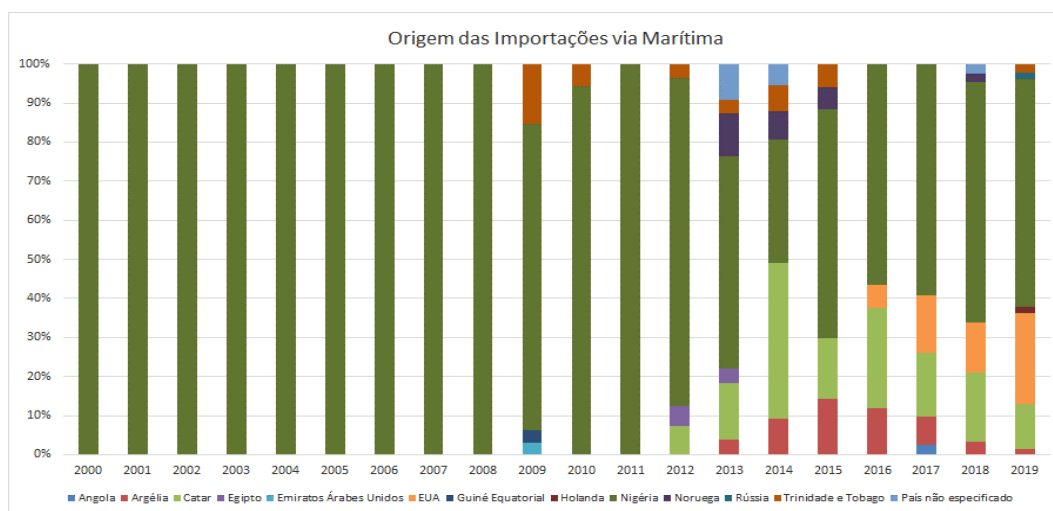


Figura 56: Origem das Importações de Gás Natural via marítima (DGEG, 2021)

5.2.4.3. Petróleo

No caso das importações de petróleo bruto, decidiu-se escolher 3 anos, separados pelo mesmo espaço de tempo para estudar a evolução do mercado abastecedor, e assim ir-se-á comparar as importações nos anos 2000, 2009 e 2019 (Figura 57).

O primeiro ano em análise é 2000, pré do 11 de setembro, pós-guerra do golfo, os mercados internacionais nesta área de negócios são muito influenciados pelas questões políticas e económico-financeiras. Nesta altura a Nigéria era a nossa maior fonte de petróleo bruto com quase 1/3 do mercado (29%), seguido da Arábia Saudita (17%) e Irão (15%), os restantes 39% estavam dispersos por diversos países, principalmente da Europa. Em 2009, começa-se a ver uma pequena queda nas importações da Nigéria, e Arábia Saudita, embora continuem a ser os maiores fornecedores. Nesta altura ocorrem protestos generalizados no Irão, e temos uma queda nas importações deste país que não recuperaram.

Surgem novos países, o Brasil, que em 2009 tinha 9% da cota de mercado e em 2019 conseguiu manter em 10%, o Azerbaijão que sobe de 1% para 11%, e a Angola que com as suas políticas de investimento nos seus recursos, sobe de 1% para 5% e, finalmente, em 2019 para 22%, sendo o maior fornecedor de petróleo. A Rússia embora não tenha representação em 2009, em 2019 representa 11% das importações, e por seu lado a Noruega diminuiu a sua contribuição. Em 2009 aparece a Líbia com uma cota decente de mercado, 9%, mas provavelmente devido ao seu estado de guerra civil não é capaz de se manter nestes mercados.

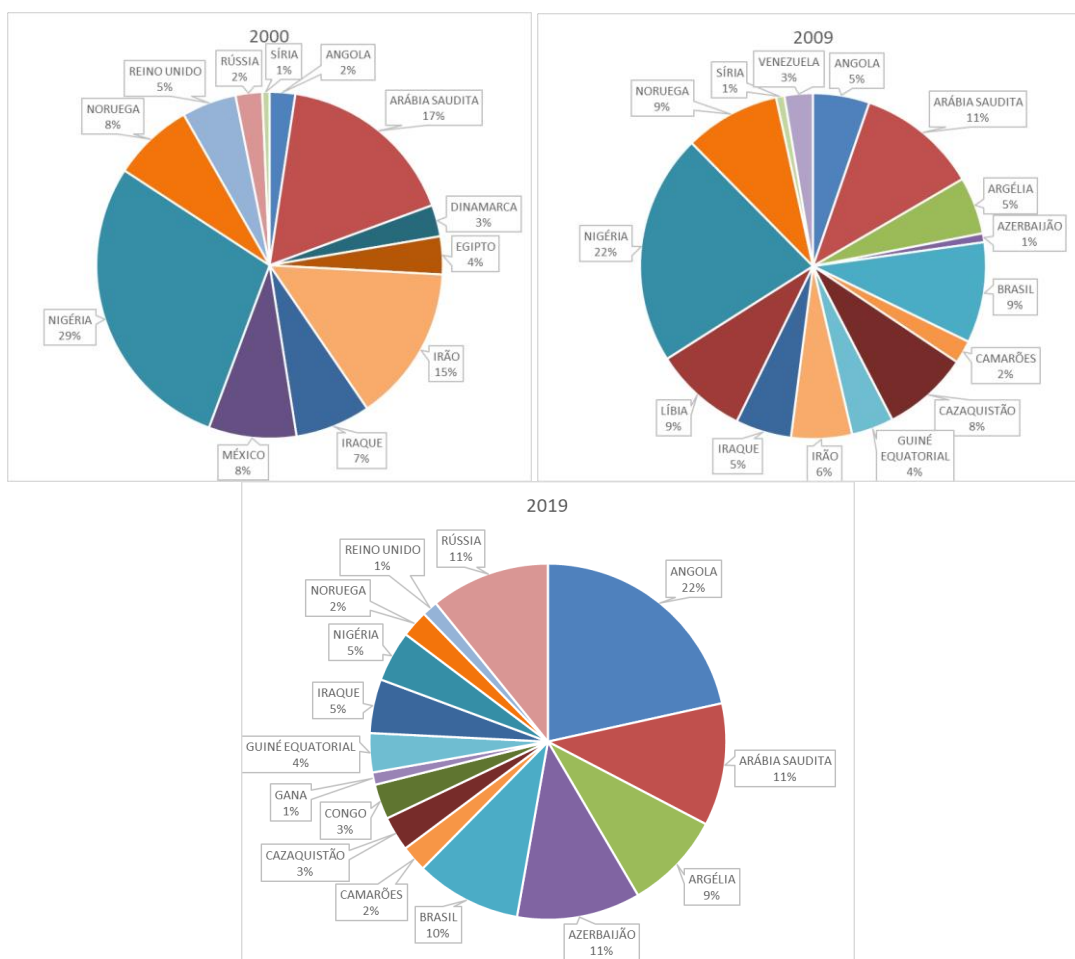


Figura 57: Importações de petróleo bruto (2000, 2009 e 2019) (DGEG, 2021)

5.3. Análise em Componentes Principais

Neste tópico ir-se-á abordar a temática relacionada com os minerais industriais, nomeadamente a produção, exportação e importação, nesta secção ir-se-á realizar uma análise PCA, as tabelas que acompanham os gráficos apresentados encontram-se no Anexo E.

A PCA foi utilizada neste trabalho com o intuito de descrever e encontrar relações entre conjuntos de dados, nomeadamente os minerais da indústria extrativa em determinados anos em estudo. A informação de partida a tratar nesta fase, encontra-se configurada em matrizes, formulada de acordo com o setor em estudo (minerais industriais, minerais de construção e minérios metálicos), e se se tratava de produção nacional, importação ou exportação.

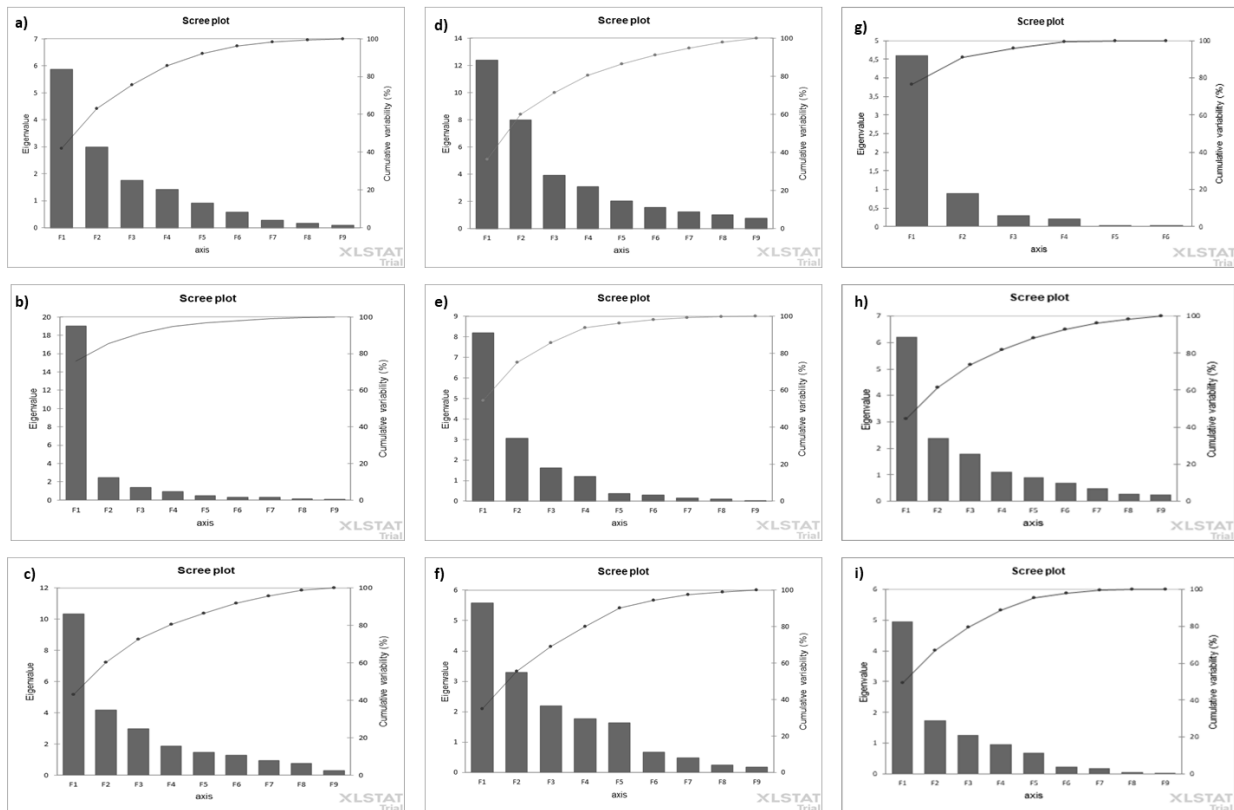
5.3.1. Análise preliminar

A análise inicial foi realizada de forma transversal em todos os PCAs, já que se obtém uma informação passível de analisar em série.

No Anexo E apresentam-se os resumos estatísticos relativos aos dados ensaiados, onde para cada variável se apresenta, o número de observações – neste caso sem valores em falta, o valor mínimo e máximo, a média e o desvio padrão.

Da análise da primeira tabela *Eigenvalue*, observa-se que existem 4 fatores com *Eigenvalue* > 1, estes apresentam 85% da proporção cumulativa da variação contabilizada pelo componente principal e todos os anteriores. Isto repete-se ao longo de todas as 9 tabelas de observações, normalmente variando entre 3 a 4 fatores e entre 80 a 95% da proporção cumulativa. O *Eigenvalue* em si representa, uma partição da variação total responsável por cada componente principal.

Os gráficos *Screeplot* que acompanham as tabelas, e estão representados na figura 58, e permitem uma visualização gráfica da acumulação dos fatores e de como estes participam no componente principal.

Figura 58: Screeplots¹

De seguida avalia-se a Matriz de Correlação, neste caso de Pearson (n-1), que tem como objetivo revelar o relacionamento entre as variáveis. Pela avaliação da matriz, podemos localizar os valores que têm um nível de significância $\alpha=0,05$, sendo que os valores mais altos são mais úteis, e devemos excluir os valores baixos da análise, o programa sinaliza quais os valores que apresentam alguma correlação.

No caso dos Minérios Industriais, em Produção, as correlações fortes que se encontram são: A.f vs A.e = -0.708; Cal.t vs Sal = 0.683; Cal.t vs Af = -0.714; Fel vs Cau = 0.634; Fel vs A.f = 0.685; Fel vs Cal.t = -0.717; Peg vs Cau = 0.691; Peg vs Cit.t = 0.701; Peg vs Fel = 0.700; PegL vs Cau = 0.783; Qtz vs Cau = 0.714; Sai.t vs A.e = 0.798; Sai.t vs A.f = -0.707.

No entanto, quando se trata da importação destes minerais, foi necessário encontrar uma significância maior, já que muitos pares de minérios aparecem como correlacionados com uma significância superior a 0.5. Neste caso foi considerado o *cut off* a 0.98; sendo as correlações mais

¹ a) Produção de minérios industriais, b) Importação de minérios industriais, c) Exportação de minérios industriais, d) Produção de minérios de construção, e) Importação de minérios de construção, f) Exportação de minérios de construção, g) Produção de minérios metálicos, h) Importação de minérios metálicos, i) Exportação de minérios metálicos

fortes as seguintes: Ar. Ref x Bar = 0.985; Ar.Ref x Sma = 0.989; Bar x Sma = 0.986; Sal x Fel = 0.984; Gra x Mag = 0.992; Mag x O.mm=0.988.

No caso das exportações encontram-se em alguns casos as mesmas correlações, aqui também se utilizou um valor de significância mais elevado (0.8), e as correlações mais fortes encontradas foram: Ar. Ref x Sal = 0.891; Ar.Ref x GAG = 0.847; Ar.Ref x LN = 0.848; Ben x O.Ar = -0.802; Ben x O.Ar.Cau = -0.845; Ben x Qtz = 0.923; O.Ar x O.Ar.Cau = 0.802; O.Ar.Cau x A = 0.898; O.Ar.Cau x Qtz = 0.835; O.Ar.Cau x Sba = 0.850; Sal x A = -0.837; Sal x Fosf = 0.805; A x Fosf = 0.811; A x Qtz = 0.876; A x Sba = 0.937; Qtz x Sba = 0.810.

Da leitura da matriz dos Minérios de Construção – Produção, com um cut off a 0.9, foram evidenciadas estas correlações: Cal x Gra =0.953; Grau x Sie.Nie.orn = 0.973; Qtzito x Ser = 0.921; Qtzito x Cal.calç = 0.915; Qtzito x Cal.rus = 0.921; Xi x Cal.calç = 0.906; Xi x Cal.rus = 0.924. Já no caso das importações, os pares mais relevantes são: PP.ot.ab.n x Mar.bl. = 0.941; PP.ot.ab.n x PN.tal = 0.965; Dolo x Ard.bl.ser. = 0.861; Dolo x Ard.ob = 0.884; Gra.orm.bl. x Mar.ser. = -0.871; Mar.bl x Mar.ob. = -0,861; Mar.bl. x Mar.ser. = -0.875; Mar.bl. x PN.tal = 0.883; Mar.ob. x Mar.ser.= 0.877. Quanto às exportações, embora se encontrem alguns valores correlacionáveis, os PP.ot.ab.n x Cast. = 0.832 e Cre x Mar.bl. = 0.877, são os que apresentam valores mais elevados.

Relativamente à produção de minérios metálicos, encontram-se correlações elevadas entre todas as observações exceto quando se cruza a informação com o NF.Tg. Quando se trata das importações e de exportações, as maiores correlações encontram-se com o MFe, NF. Ch e o NF.Co.

A análise das matrizes de correlação vai ser útil na análise dos biplots PCA que se irá fazer de seguida, pois neste caso a divisão foi feita de acordo com a atividade, e de seguida com o setor.

5.3.2. Análise à Produção

Não representados, mas obtidos, foram as contribuições de cada variável – minerais – e de cada observação – ano – para a análise em questão. Com os fatores obtidos foi possível, fazer um gráfico com a relação entre as variáveis originais e as dimensões do subespaço, utilizado para interpretar o relacionamento entre as variáveis; e um segundo gráfico que é uma projeção das observações no subespaço. As figuras apresentadas são uma representação gráfica do Biplot resultante dos dois carregamentos em paralelo, em combinações com os 3 primeiros fatores (F1 vs F2, F1 vs F3, F2 vs F3).

Juntamente com as observações realizadas com a matriz de correlação de Pearson avaliam-se os biplots.

Começando pelo biplot relativo à ‘PCA Minérios Industriais - Produção em Toneladas’ (figura 59). A importância relativa de cada um dos eixos pode ser verificado na linha da taxa de variabilidade na tabela do Eigenvalue, sendo que, neste ensaio os dois principais fatores (F1 vs F2) explicam no seu conjunto cerca de 63.2% da variabilidade contida na matriz de dados.

Observando as variáveis:

De forma geral quanto mais afastado da do centro estiverem os pontos mais influência têm, e quando um vetor está representado na vertical não tem influência, assim numa primeira análise podemos verificar que o ‘Ar.e’ não vai ter influência ou contribuir para nenhum dos componentes.

O Fel, Peg, PegL, Qtz, Cit.t, Cau, têm um uma correlação positiva forte com o F1, por outro lado o Cal.t e o Sal têm uma correlação negativa forte com o F1. Já as A.e e o Sai.t têm uma correlação positiva forte com o F2. As variáveis projetadas no

A oposição entre A.f e Sai.t, está bem patente nas três projeções, o que juntamente com o seu valor de matriz -0.707, significa que têm uma correlação negativa forte, e que quando a produção de um aumenta a do outro diminui, especialmente marcada em 2017.

Os O Fel, Peg, PegL, Qtz têm correlações fortes positivas e estão próximos nas projeções, explicado pela fonte comum destes minerais.

Espaço?

Os gráficos da figura 60, alíneas a) a c), apresentam as projeções das variáveis e das observações em diferentes planos fatoriais considerados para a Produção de Minerais de Construção. Neste caso e devido ao número de variáveis estudadas torna-se mais complexo fazer uma avaliação

apenas visual, e como já mencionado anteriormente, elevou-se o *cut off* da correlação para encontrar melhores indicadores.

O Qtzito com o Cal.rus e com o Cal.calç tem uma correlação positiva muito forte e na projeção estão localizados próximo do eixo F1, implicando que a exploração de ambos poderá estar associada já que o quartzito também é talhado e utilizado como rocha ornamental. Tal como o xisto, ou o Qtzito com o Ser. Não se encontram correlações negativas com estes valores de *cut off* mas, estas existem, por exemplo, confirma-se que a produção de Gra.orn e Ser, no eixo F1 varia opostamente.

Na figura 61, apresenta-se a projeção da produção do último setor em estudo, o dos minérios metálicos. Nestes gráficos e devido ao reduzido número de variáveis em estudo é possível visualizar com alguma facilidade (quando comparado com os outros setores) as oposições claras, estas são fortalecidas pelas correlações de Pearson.

Todos estes aparentam ter uma correlação forte com o eixo F1, e o NF.Co tem uma correlação negativa forte com NF.E, NF.Ch e NF.Z, onde a diminuição da produção de um grupo pressupõe o aumento da produção do outro, os anos observados em que isto parece mais relevante é em 2018-2020 e 2011-2012, como se tratam de minérios metálicos, a sua produção está muito associada aos mercados internacionais e à sua demanda. É de ressaltar que apenas existem 5 minas nesta área de extração, e que estas variações podem ser resultado de escolhas produtivas pelas próprias empresas já que o zinco, chumbo e cobre podem ser obtidos na mesma mina, tal como acontecem Neves Corvo. O chumbo e o zinco têm uma correlação forte positiva, pois passam pela mesma lavaria (de zinco) após extração.

O Ng.Tg não aparenta ter nenhuma correlação com os outros minérios, devido às suas aplicações e funcionamento de apenas da Mina da Panasqueira.

Por exemplo, os anos de 2015-2016, não estão próximos de nenhuma projeção o que pode indicar que é um ano normal de produção.

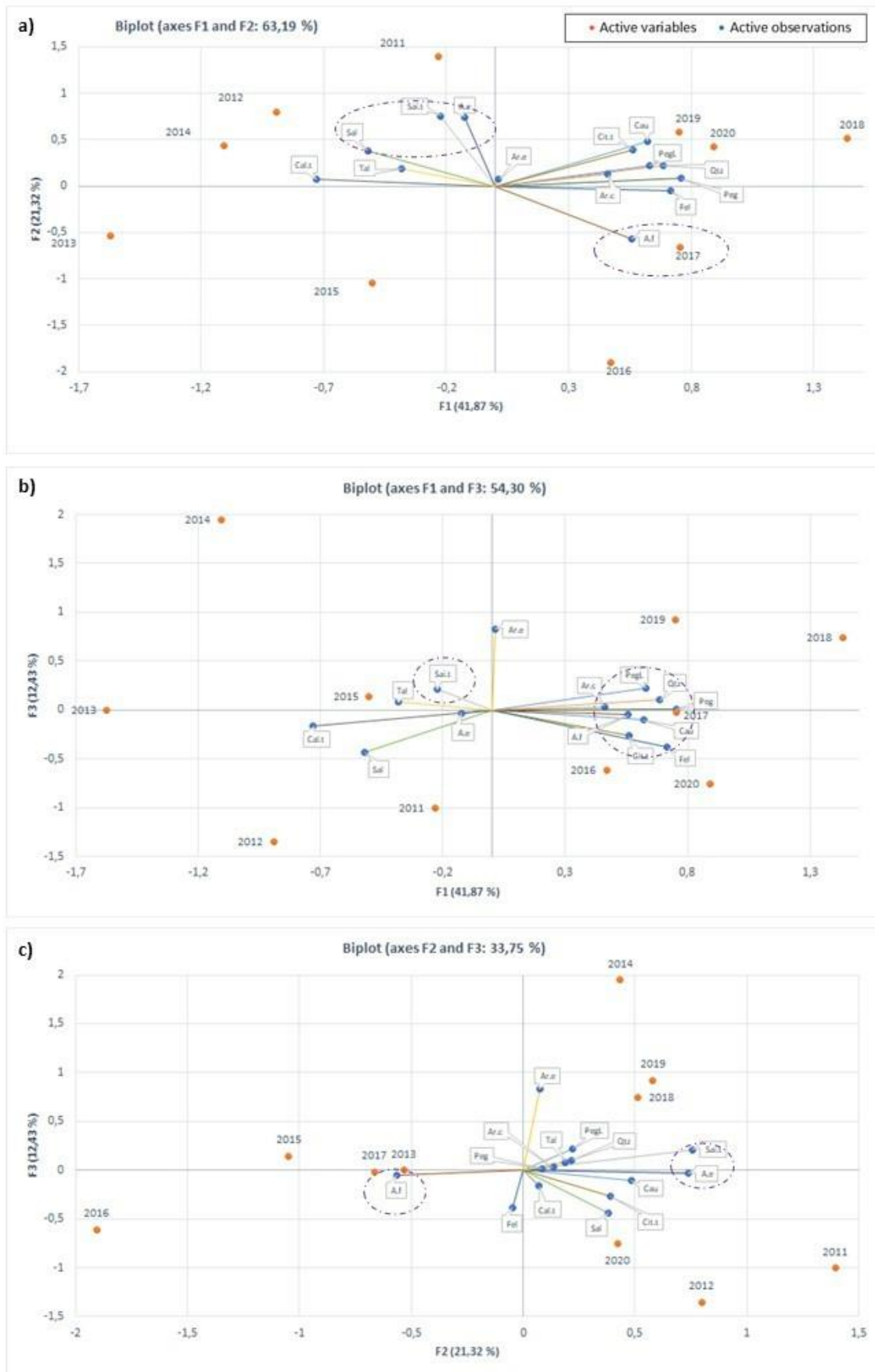


Figura 59: Biplot PCA Minérios Industriais - Produção em Toneladas

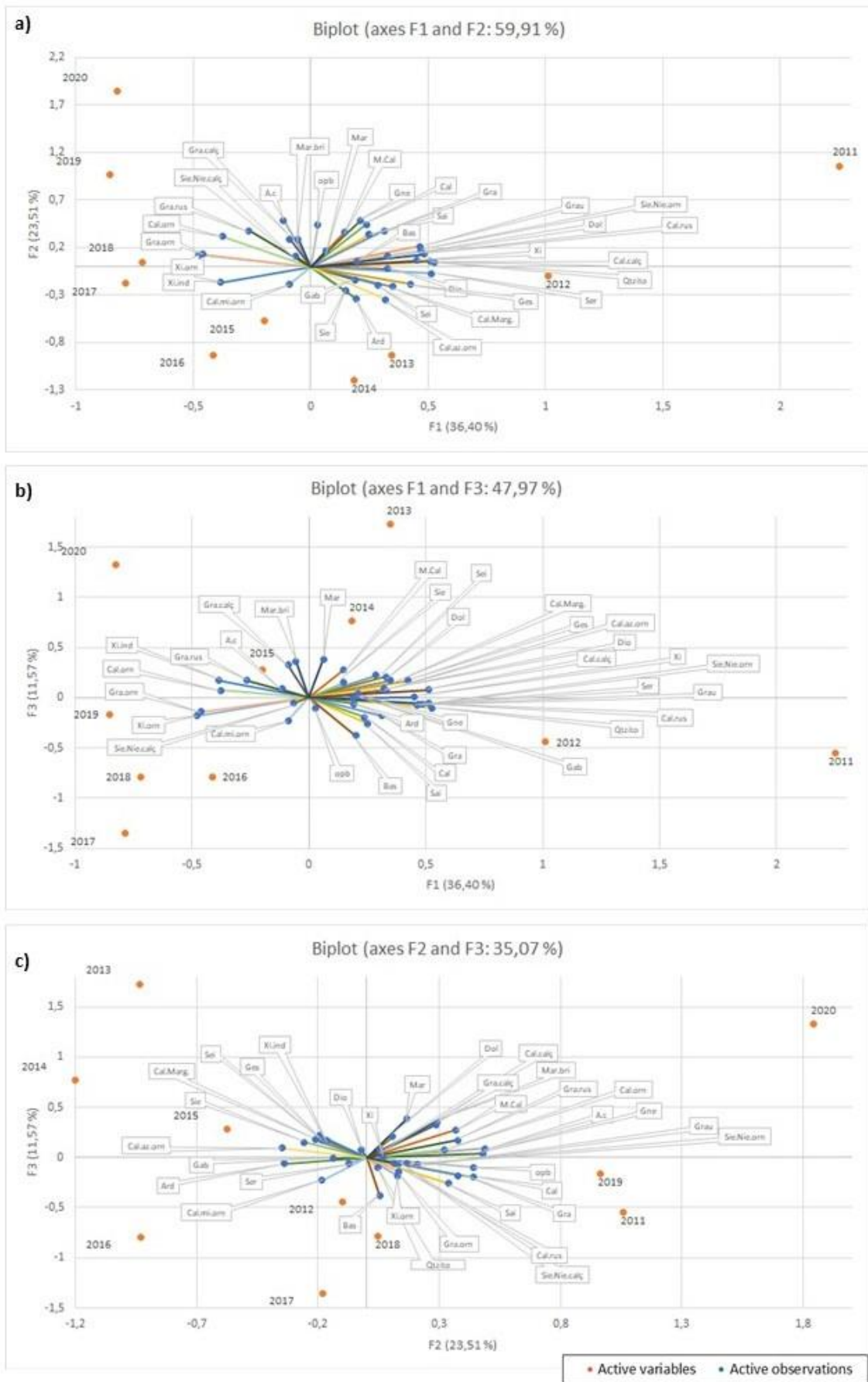


Figura 60: Biplot PCA Minérios Construção - Produção em Toneladas

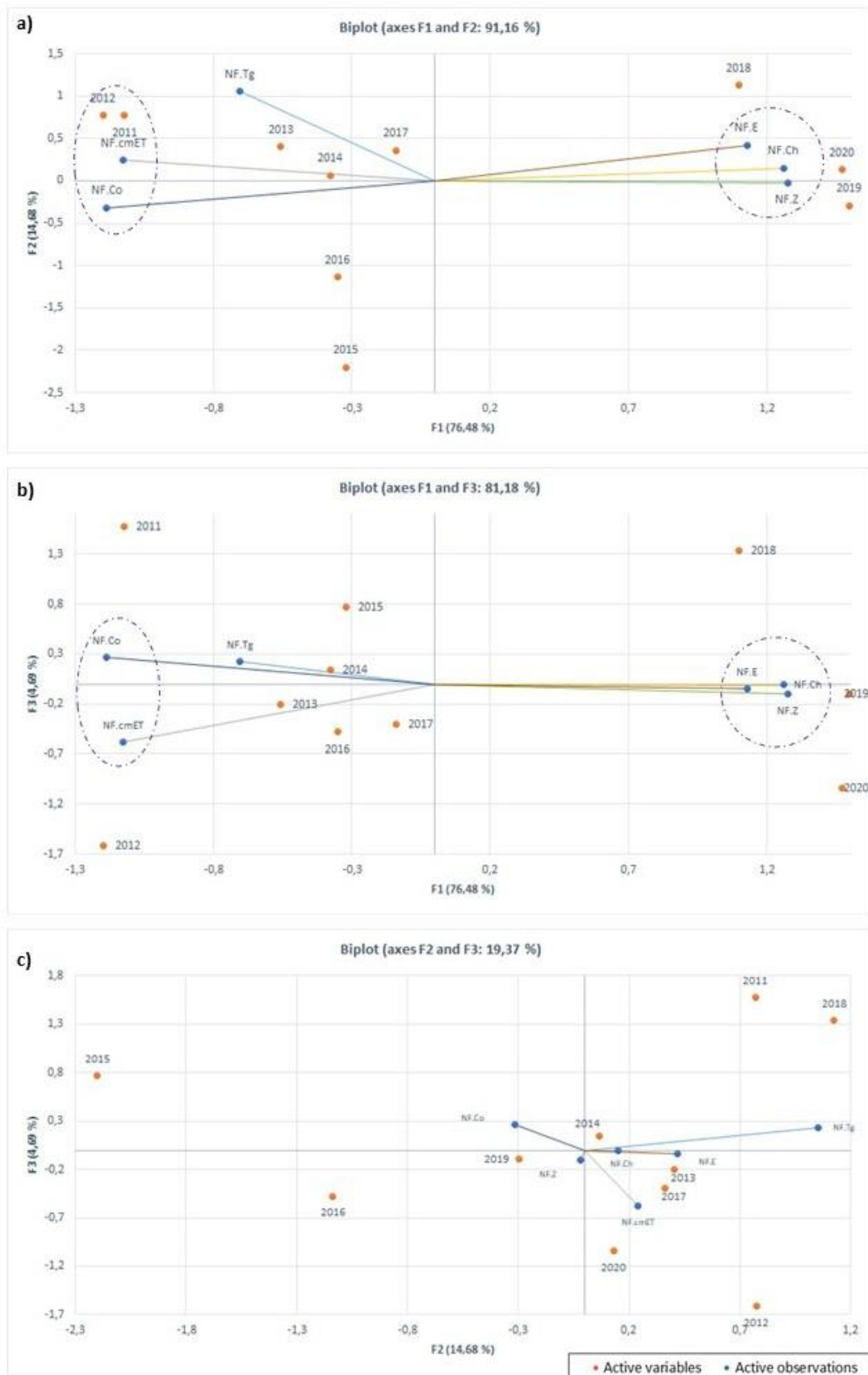


Figura 61: Biplot PCA Minérios Metálicos - Produção em Toneladas

5.3.3. Análise à Importação

Foi repetida a análise para estes setores, mas agora considerando as importações.

No caso das importações dos minerais industriais (figura 62), este é outro caso em que a matriz apresenta um grande número de correlações, tanto positivas quanto negativas. E observando o Biplot, a maior parte das variáveis estão bastante associadas com o primeiro eixo fatorial.

A título de exemplo as Ar.Ref e Bar estão intimamente ligadas, sendo materiais refratários, o que se comprova tanto pelo seu posicionamento no espaço como pela sua correlação muito elevada.

Vejamos agora o Gra que tem como constituintes principais o Fel, Qtz e Mi; encontramos uma forte correlação negativa do Gra com o Fel e Qtz, na importação, revela que quando há importação de uma das variáveis, o mercado de produção nacional cobre as necessidades das outras variáveis. Verificando-se ainda um aumento da importação de Gra nos anos de 2013-15.

As importações de minerais de construção (figura 63) por seu lado já apresentam um menor número de correlações e no biplot estão marcadas algumas oposições claras, as mais relevantes são as oposições com correlação negativa entre o Mar.bl. vs Mar.ob. e Mar.ser. o que pode indicar que quando o mercado recorre a importação destes produtos, há uma tendência para se importar ou em bloco ou já pronto para aplicação. Também se encontra esta tendência entre o Gra.orn.bl. e Mar.ob. e Mar.ser mas neste caso a razão prende-se também ter com a escolha de materiais de aplicação ornamental. O Mar.bl e o Gra.orn.bl. têm uma correlação positiva entre eles, e estão associados ao eixo F1 negativo.

Relativamente aos minérios metálicos (figura 64), a importação prende-se sobretudo com minérios não existentes em Portugal ou com minerais já processados e prontos a utilizar. Por exemplo, não há produção de minério de ferro e este é obtido a partir das importações. Podemos observar uma correlação negativa entre este e o NF.T e o NF.Cr, ou seja, quando aumentam umas diminuem as outras, confirmada pela matriz de Pearson. O NF.T também apresenta uma correlação negativa com o NF.Al. Tanto o crómio como o titânio são utilizados para a produção de ligas metálicas, juntamente com o ferro e com o alumínio.



Figura 62: Biplot PCA Minérios Industrial - Importação em Toneladas



Figura 63: Biplot PCA Minérios Construção - Importação em Toneladas

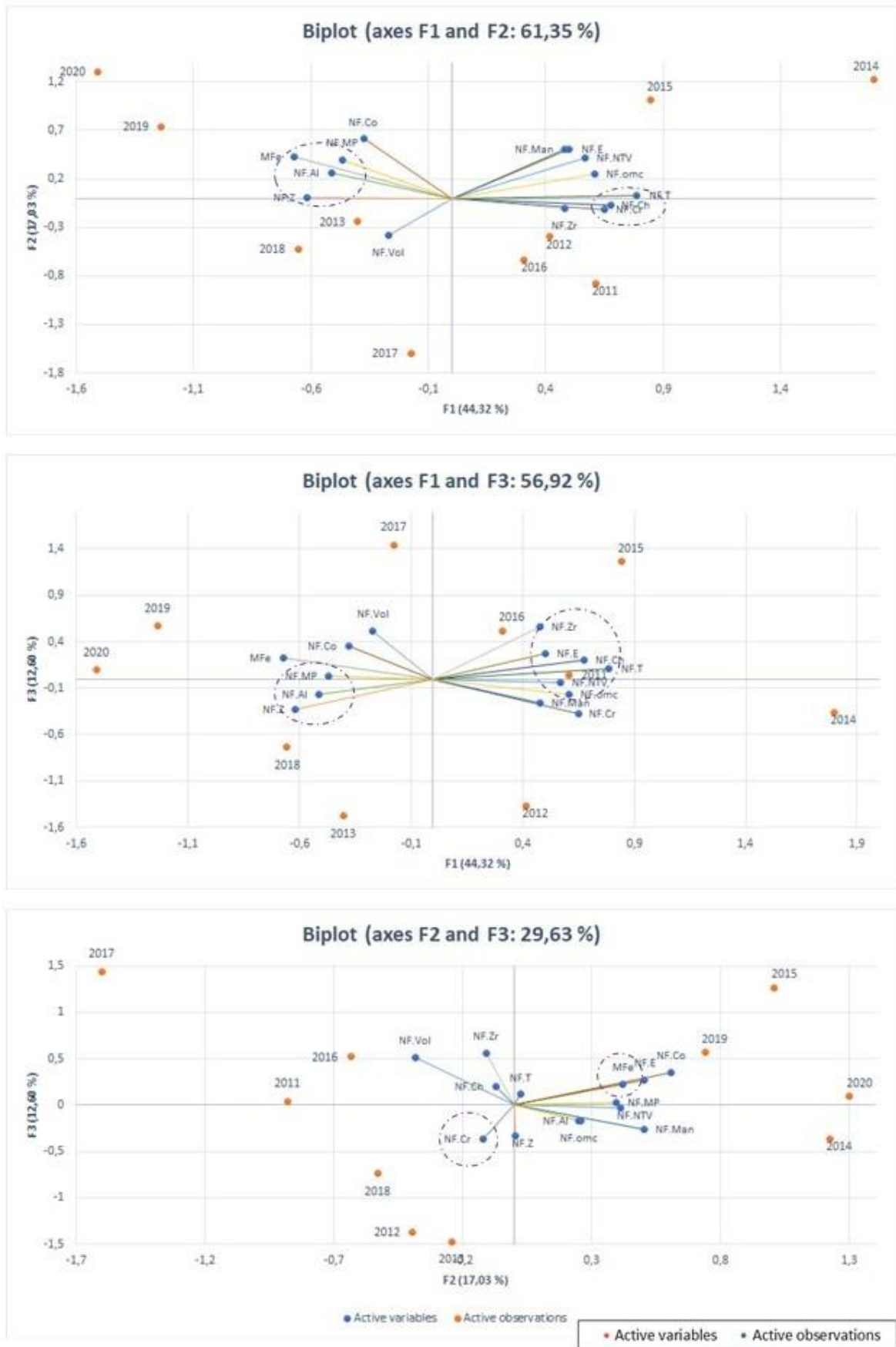


Figura 64: Biplot PCA Minerios Metálicos de Importação em Toneladas

5.3.4. Análise à Exportação

Considerando a exportação para os minerais industriais (fig 65). Avaliando os planos fatoriais onde se projetam as variáveis minerais, é possível verificar que há muitos minerais localizados ao longo o primeiro eixo – F1 – e 43% da variabilidade está representada neste plano. Podemos ainda verificar que neste plano ocorre uma forte oposição negativa entre o Cluster ‘Fel e Qtz’ e o cluster ‘Ar.Ref, Ben, Sal, GAG’.

A nível de exportações de minérios de construção (fig.66), as grandes correlações continuam a aparecer nas rochas ornamentais, o caso mais interessante é o do granito que encontra oposição entre a sua exportação na forma bloco e serrado contra em obra, o que indica que a aplicação final tem influência no tipo de exportação realizada, e que os produtores adaptam o produto de acordo com as necessidades do cliente. Existem outras correlações negativas fortes como esta, mas entre o granito e o mármore, em diversos tipos de produtos, mas neste caso a ligação prende-se com o tipo de rocha requisitada pelo cliente.

Outra correlação negativa que aparece nestas exportações é entre a dolomite e o mármore em bloco, quando aumenta a exportação de um o outro diminui, isto pode dever-se ao facto de o mármore ter como constituintes principais na sua mineralogia a calcite e a dolomite. O que indica que quando o mercado de ornamental não é suficientemente rentável, uma alternativa para o escoamento do mármore é a sua utilização, na preparação de agregantes para betão ou para usos industriais.

Por fim, a exportação de minérios metálicos (fig.67) está muito associada aos minérios que se conseguem produzir e àqueles que depois de importados sofrem processos de valorização industrial.

Como anteriormente as maiores correlações negativas que se encontram, são aquelas entre o NF.Co e os NF.Ch e NF.Z, ou seja, quando se exporta um destes minerais o outro não está a ser produzido em quantidades relevantes por exemplo, é uma balança que reflete o setor produtivo nacional.

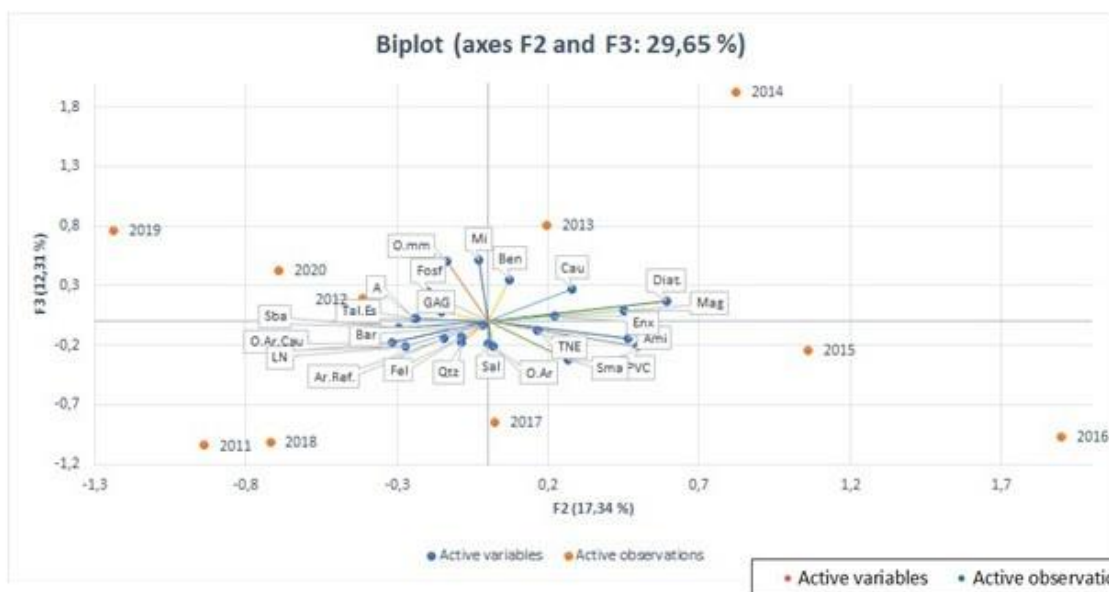
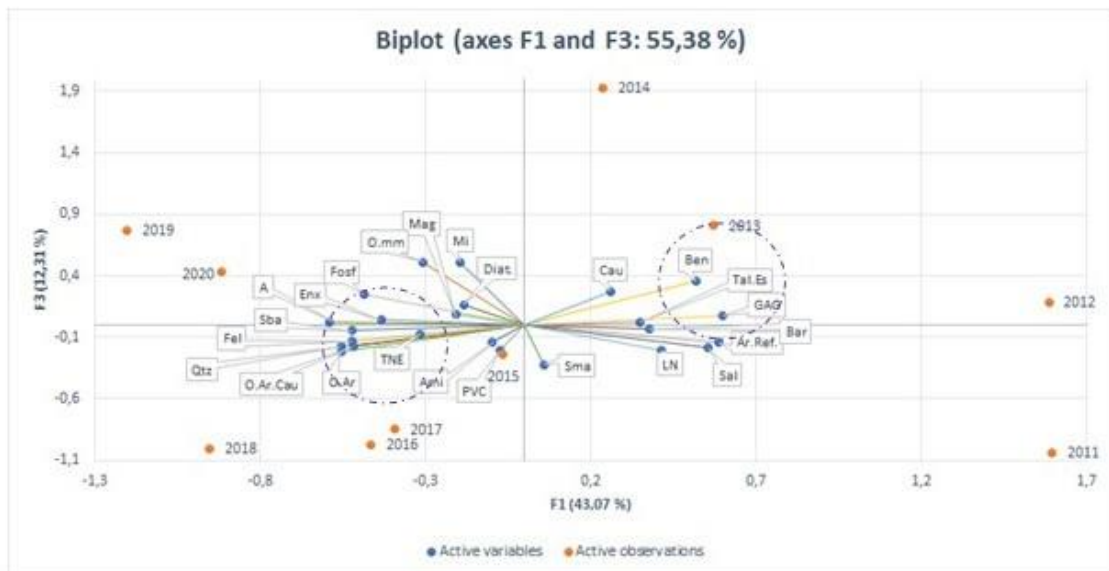
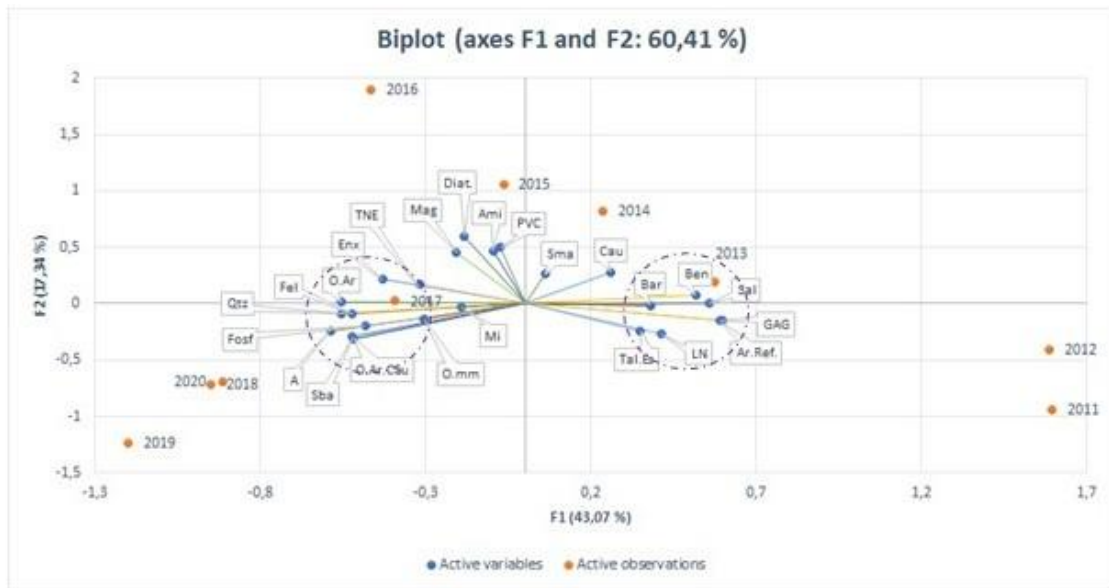


Figura 65: Biplot PCA Minérios Industrial - Exportação em Toneladas



Figura 66: Biplot PCA Minérios de Construção - Exportação em Toneladas

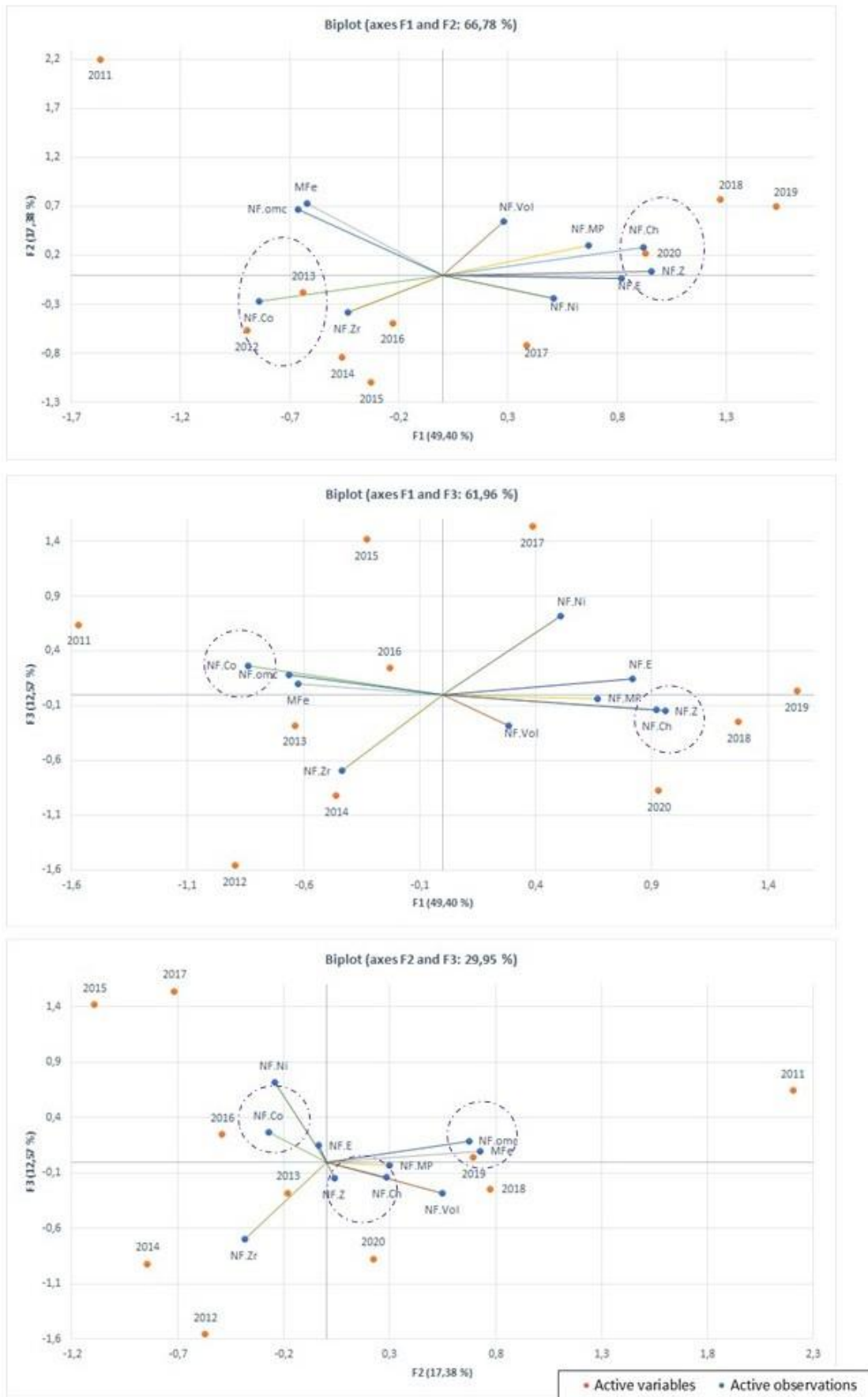


Figura 67: Biplot PCA Minérios Metálicos - Exportação em Toneladas

5.3.5. Análise à Produção vs Importação vs Exportação

Devido aos resultados que se estavam a obter decidiu-se realizar uma análise suplementar, onde se cruza a informação da Produção com a da Importação e Exportação para os minérios comuns. Isto foi possível para os minérios industriais e para os minérios metálicos.

No biplot dos minerais industriais (fig. 68) só se introduziram 5 variáveis, Cau, Sal, Fel, Qtz e Tal.

O Fel tem a mais forte correlação com o F1, e de forma geral todos estes minerais estão mais associados à produção.

Apenas quando se compara o segundo e o terceiro eixo fatorial, se começa a chegar a mais conclusões. O Qtz e o Sal aparentam estar opostos, mas continuam associados à produção. Por outro lado, o Cau está mais associado à exportação de forma oposta ao Tal que está mais associado à importação.

Já nesta análise suplementar dos minérios metálicos, também se avaliaram 5 variáveis, o NF.Ch, NF.Co, NF.E, NF.TG/NF.Vol, NF.Z.

De forma geral e como todos estes minérios são produzidos em território nacional é justificável que não se encontre uma relação positiva com a importação destes, como podemos verificar nos biplots (fig.69), e como esperado a correlação entre a produção e exportação de determinados minérios está intimamente ligada, já que grande parte da produção destes metais tem como destino o mercado externo.

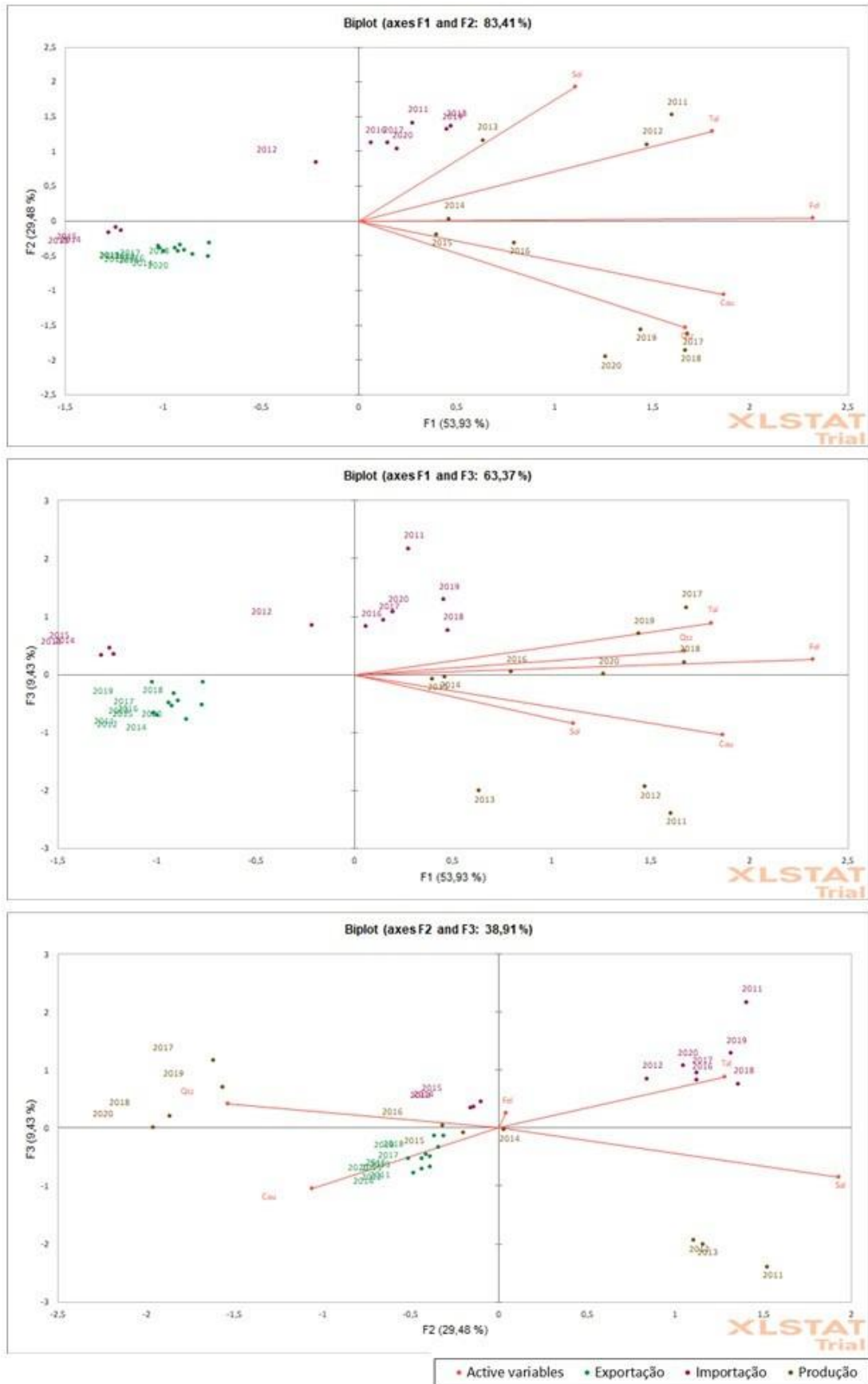


Figura 68: Biplot PCA Minérios Industriais - Produção vs Importação vs Exportação (em Toneladas)

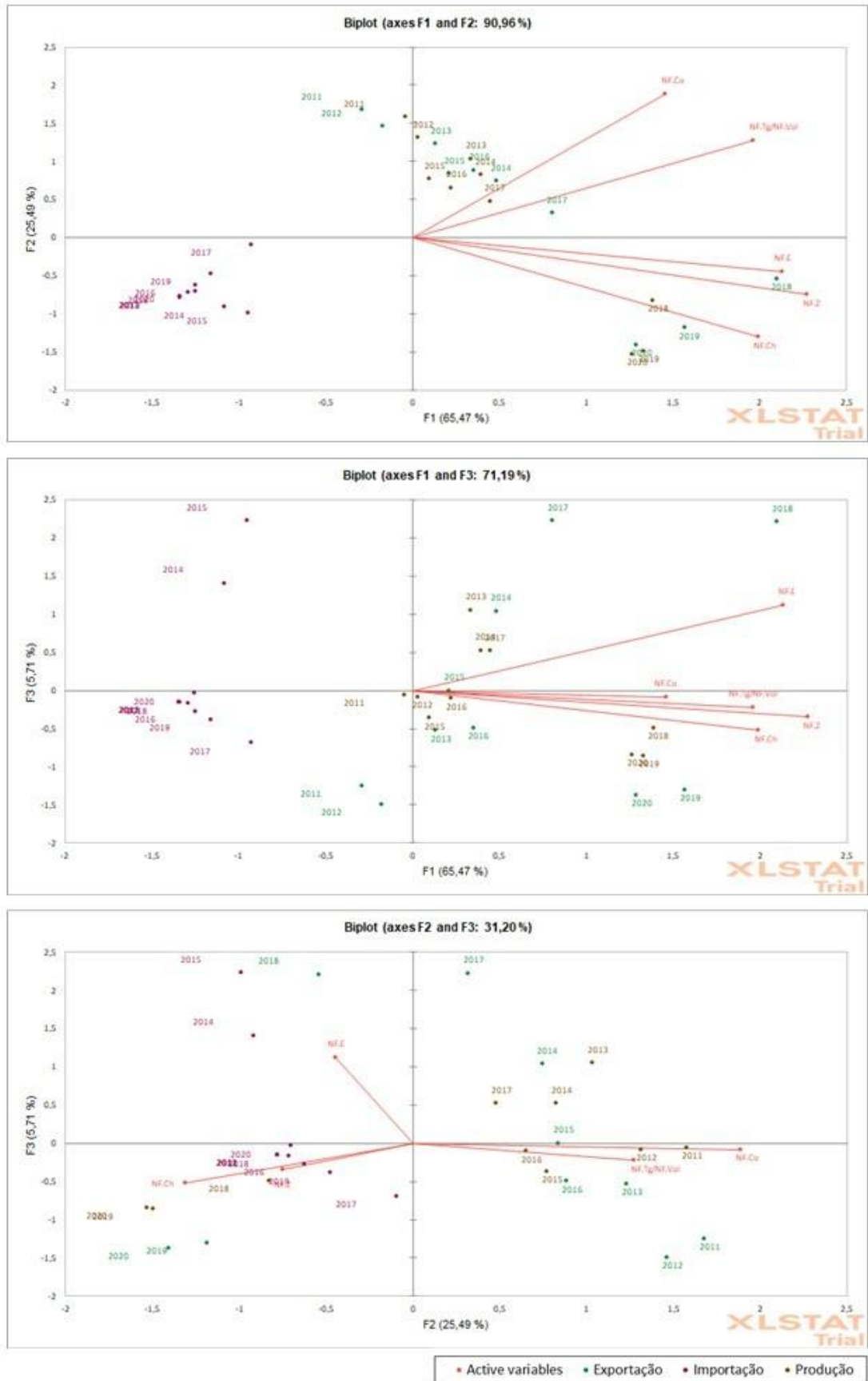


Figura 69: Biplot PCA Minérios Metálicos - Produção vs Importação vs Exportação (em Toneladas)

5.4. Análise SWOT

Uma análise SWOT consiste na avaliação da posição competitiva de uma empresa, neste caso da indústria extrativa portuguesa, no mercado onde opera. É composta por uma avaliação interna e uma avaliação externa, construindo uma matriz que sobrepõe as variáveis: pontos fortes (*strenghts*) e fracos (*weaknesses*), oportunidade (*oportunities*) e ameaças (*threats*).

Este tipo de análise, é uma ferramenta útil para fazer o diagnóstico estratégico e delinear o futuro a médio e longo prazo.

Tabela 7: Análise SWOT

		Análise Interna	
		Pontos Fortes	Pontos Fracos
		<ul style="list-style-type: none"> - Variedade de recursos geológicos e conhecimento em como os explorar; - Inovação tecnológica; - Boa reputação e qualidade do produto nacional; - Boas políticas ambientais e de coesão social e económica; - Potencialidade em recursos minerais essenciais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Políticas de emprego; - Envelhecimento demográfico e baixa taxa de natalidade; - Dificuldades em iniciar novos projetos de exploração; - Pressão exercida pela sociedade civil contra a indústria (desconfiança devido ao passado); - Falta de informação à sociedade civil sobre a indústria extrativa, tipo de produto que se obtêm, medidas de remediação, aplicações finais do que é extraído, etc...
		Oportunidades	Ameaças
Análise Externa		<ul style="list-style-type: none"> - Localização privilegiada no continente europeu; - Boas relações externas e proteção europeia; - Fácil adaptação à mudança; - Possibilidade de implantação de novas instalações de indústria extrativa e transformativa para minerais-essenciais; - Necessidade elevada de minerais-essenciais a curto-médio prazo; 	<ul style="list-style-type: none"> - Mercado internacional com produtos semelhantes e países com elevadas reservas minerais – concorrência de mercado; - Deficiente aproveitamento dos recursos existentes e ocorrência de acidentes ambientais; - Uma exploração não racional nem sustentada dos recursos minerais; - Instabilidade e transporte deficiente; - Crises económicas podem dificultar o negócio.

É a partir desta informação que são identificadas estratégias ou soluções alternativas para o setor, baseadas em combinações de ameaças e oportunidades com projetos de melhoria de pontos fortes e fracos. Utilizando os pontos fortes para tirar vantagem das oportunidades e evitar as ameaças, da forma oposta, ultrapassar os pontos fracos tirando partido das oportunidades, e minimizar as fraquezas e evitando as ameaças.

De uma forma geral, podemos obter uma série de sugestões com a análise cruzada desta matriz, como por exemplo:

- Apostar no investimento de forma contínua;
- Promoção de políticas de desenvolvimento sustentável;
- Apostar na qualidade dos produtos produzidos, na diferenciação e na diversificação;
- Implementar um ciclo eficaz de planeamento;
- Definir uma política de marketing;
- Possibilidade de criação de postos de trabalho.

Capítulo VI

Conclusões

(página propositadamente em branco)

6. Conclusões

6.1. Considerações conclusivas

Este trabalho pretendeu realizar uma análise prospetiva de forma a antecipar acontecimentos que possam vir a afetar a indústria extrativa, tendo por base o estudo do comportamento e interação de diversos fatores. Permite assim, identificar e analisar possíveis cenários futuros e elaborar estratégias capazes de antecipar as oportunidades ou ameaças por estes criados. Sabendo o que aconteceu no passado podemos antever as reações no futuro.

A análise e interpretação dos resultados obtidos sobre os diferentes setores da indústria em diferentes cenários (produção, importação e exportação) permitem tecer algumas considerações sobre a utilização dos minerais em questão. Como seria de esperar, destacam-se de maneira geral fortes correlações entre as variáveis associadas à produção de minerais que têm génese no mesmo tipo de rocha. Bem como uma oposição forte naqueles casos em que a exploração de um tipo de mineral implicava o rejeito de outro, ou estavam em etapas opostas da cadeia de valor. Também ocorreram casos em que não se encontraram qualquer tipo de correlação com determinados minerais e alguns anos em que a exploração foi completamente normal, não tendo a balança tendido para nenhum dos lados.

Para além de todas as correlações presentes para cada setor, julga-se pertinente destacar as comparações efetuadas entre as três variáveis Produção, Importação e Exportação para os minérios comuns entre elas, estas permitiram obter uma perspetiva geral do setor, sendo possível visualizar com clareza relação entre a produção e a exportação de determinados minérios, confirmando assim que a sua produção tem como destino principal a exportação.

As correlações encontradas, de forma geral, têm uma explicação que se encontra no tipo de produto em causa, as suas aplicações e quais as questões económicas nos anos referenciados.

Esta técnica de Análise em Componentes Principais revelou-se uma ferramenta interessante de encontrar relações entre os diferentes minerais nos setores de extração, e fornece indicações relevantes para a identificação da variabilidade e correlações entre os diferentes produtos e cenários.

A Indústria extrativa é um elemento-chave no desencadear de outras atividades, gerando um impacto muito significativo nas diferentes vertentes de atividade económica onde se integra, principalmente nas indústrias transformadoras. Estas dependem diretamente destas matérias-

primas para os seus processos de fabrico, e é aqui que é visível o maior valor acrescentado destas substâncias (por exemplo nas rochas ornamentais e nos produtos para a indústria cerâmica, que são mais valorizados após a sua transformação do que na fase da extração).

Portugal tem importantes jazidas não metálicas (mármore, calcários e granitos) e um forte potencial em recursos minerais metálicos. É um dos maiores produtores de cobre, zinco, tungsténio, lítio e rochas ornamentais a nível europeu, e exporta grande parte da sua produção. A mina de Neves Corvo influencia em grande parte a produção de concentrados de cobre e zinco a nível nacional, e juntamente com as cotações da bolsa, são os fatores que ditam a produção dos minérios metálicos. Por outro lado, os minerais para indústria e construção têm uma influência do mercado doméstico.

Também foi possível verificar que ao longo dos anos a indústria extrativa também está dependente de questões globais, e é afetada pelas crises económicas como as outras indústrias, tanto a nível de produção, como em número de estabelecimentos com atividade declarada ou pessoal ao serviço.

Esta indústria é o ponto de partida de várias cadeias de valor produtivo, e é essencial para o suporte e desenvolvimento da sociedade como a conhecemos, estamos num ponto de viragem e com o conhecimento tecnológico e operacional existente, os avanços que a indústria tem sofrido e as novas políticas ambientais e sociais, Portugal tem condições para estimular a utilização eficiente dos recursos minerais que possui em benefício próprio e da sociedade em geral.

Relativamente à problemática do acesso seguro aos recursos minerais existem duas alternativas, ou produção em território nacional/europeu ou assegurar rotas comerciais. Portugal tem capacidade de explorar alguns destes recursos minerais que são necessários, o problema da produção em território europeu/nacional advém da forte oposição pública, elevados custos de operação, depósitos minerais relativamente pequenos ou de qualidade inferior. Quanto às rotas comerciais, estas vão estar sempre dependentes de fatores externos, como a diplomacia e procura externa pelos mesmos produtos.

No entanto, existem correntes de pensamento que preveem que o futuro da mineração está nos locais já explorados, com a re-mineração e com as ultra-profundidades, ou então com recurso a novas tecnologias a exploração dos depósitos subaquáticos, e quem sabe se de futuro não será possível levar a mineração para o espaço; a tecnologia para isso está a começar a surgir e quando for economicamente viável estas serão fortes possibilidades de um futuro diferente para a indústria extrativa.

6.2. Perspetivas futuras

Este ponto deverá ser entendido como uma análise crítica a todo o processo de desenvolvimento do presente documento. De seguida apresentam-se algumas recomendações e perspetivas futuras que complementaríamos este estudo.

- Deverá ser tido em consideração que os dados utilizados têm origem num repositório aberto, pelo que estes estão dependentes da informação disponibilizada pelos produtores à DGEG.
- Os mesmos dados exibem falhas ou falta pontual de informação, que tentou ser colmatada recorrendo a outras fontes. Em alguns casos não havia informação recente, noutros a informação relativa a 2020 foi publicada já quando a recolha de informação tinha sido efetuada, ocorrendo ainda situações em que a informação era confidencial e não estava disponibilizada.
- Teria sido interessante fazer mais algumas análises PCA para novos agrupamentos de setores, cruzando informação com uma nova reordenação de minerais, e alargar esta análise aos recursos minerais energéticos.
- Os dados estudados são apenas referentes a Portugal continental, seria interessante acrescentar as Regiões Autónomas dos Açores e Madeira.
- Seria interessante fazer uma comparação com os dados de Espanha, de forma a se obter uma perspetiva ibérica da questão.

Capítulo VII

Referências Bibliográficas

(página propositadamente em branco)

Referências Bibliográficas

Abdale, 2020. The mineral Industry of Portugal – U.S. Geological Survey Minerals Yearbook – 2016 – Vol III. Area reports: International – Europe and Central Asia. National Minerals Informations Center - USGS editions. <https://www.usgs.gov/centers/nmic/europe-and-central-eurasia#po>

Addinsoft 2021. *XLSTAT statistical and data analysis solution*. New York, USA. Obtido de <https://www.xlstat.com>.

Antonowicz-Cyglicka et al., 2021. Raw Deal - Does the new EU development model mean more of the same destructive mining?. January 2021. CEE Bankwatch Network. <https://euagenda.eu/publications/raw-deal-does-the-new-eu-development-model-mean-more-of-the-same-destructive-mining>

Arvanitidis & Norlin, 2017. Global Supply of EU critical minerals and metals. Geological Survey of Sweden, Department of Mineral Resources.

Assembleia da República. Lei n.º 54/2015. Diário da República, 1.ª série — N.º 119 — 22 de junho de 2015. (Bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional).

Bobba et al., 2020. European Commission, Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study. Publications Office of the European Union, 2020. 100p. <https://www.europeansources.info/record/critical-raw-materials-for-strategic-technologies-and-sectors-in-the-eu-a-foresight-study/>

BRGM, 2020. Main Mineral Deposits of Europe. Mapa. EuroMines. <http://www.euromines.org/mining-europe/main-mineral-deposits-europe> (Consultado em 15 junho de 2021).

Carvalho, 2010. Recursos Minerais: o Potencial de Portugal. Iniciativa Matérias Primas: Rumo ao Fornecimento Seguro e à gestão sustentável dos recursos minerais europeus. LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia). <https://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/1036/1/34052.pdf>.

Comissão Europeia, 2010. Matérias-primas críticas para a EU. Relatório do Grupo de Trabalho Ad-hoc na definição de matérias – primas críticas. Comissão Europeia, Direcção-Geral Empresarial e Industrial. Junho 2010. <https://www.dgeg.gov.pt/media/n0lpi00h/mat%C3%A9rias-primas-cr%C3%ADticas-para-a-ue-relat%C3%B3rio-2010.pdf>

Comissão Europeia, 2020. Comunicação da comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, Bruxelas. Resiliência em matérias-primas essenciais: o caminho a seguir para mais segurança e sustentabilidade. COM(2020) 474 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474>

Correia, 2021. EU strategy to secure access to mineral raw minerals. Webinar de 8 de abril de 2021 da European Federation of Geologists.

DGEG, 2021. Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG. Obtido de Direcção Geral de Energia e Geologia - Direcção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/> (consultado a 18 de setembro de 2021).

DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - A. Dados Globais da Industria Extrativa - Produção. Obtido de Direcção Geral de Energia e Geologia - Direcção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/dados-globais-da-industria-extractiva/producao> (consultado a 18 de setembro de 2021).

DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - B. Dados Globais da Indústria Extrativa - Comércio Internacional. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia - Direção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/dados-globais-da-industria-extractiva/comercio-internacional/> (consultado a 18 de setembro de 2021).

DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - C. Minas - Produção Anual. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia - Direção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/minas/producao-anual/> (consultado a 01 de ago de 2021).

DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - D. Minas - Pessoal e Estabelecimentos. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia - Direção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/minas/pessoal-e-estabelecimentos/> (consultado a 17 de setembro de 2021).

DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - E. Pedreiras - Produção Anual. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia - Direção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/pedreiras/producao-anual/> (consultado a 17 de setembro de 2021).

DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - F. Pedreiras - Pessoal e Estabelecimentos. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia - Direção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/pedreiras/pessoal-e-estabelecimentos/> (consultado a 17 de setembro de 2021).

DGEG - Estatística de Recursos Geológicos da DSEF-RG - G. Recursos minerais energéticos - Importação. Obtido de Direção Geral de Energia e Geologia - Direção de Serviços de Estratégia e Fomento dos Recursos Geológicos: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/geologia/recursos-minerais-energeticos/importacao/> (consultado a 1 de agosto de 2021).

EC, 2020. Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. A New Industrial Strategy for Europe. European Commission. COM(2020) 102 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0102>

European Commission, 2020. Comunicação da comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, Bruxelas. Pacto Ecológico Europeu. COM(2019) 640 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>

GEF, 2021. Metals for a green and digital Europe. GroenLinks Scientific Bureau: <https://www.wetenschappelijkbureaugroenlinks.nl/metals-for-europe-6> (consultado em 5 de Agosto de 2021).

Hongyu et al., 2016. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. E&S Engineering and Science, Vol. 5 nº1, p.83-90. Junho 2016. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398>

Infopedia A, 2021. Dicionário infopédia da Língua Portuguesa - Porto Editora: matéria-prima. <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/matéria-prima> (Consultado em 03 de 08 de 2021).

Infopedia B, 2021. Dicionário infopédia da Língua Portuguesa - Porto Editora: recursos minerais. [https://www.infopedia.pt/\\$recursos-minerais](https://www.infopedia.pt/$recursos-minerais) (Consultado em 04 de 08 de 2021).

Jolliffe, 2002. Principal Component Analysis, 2nded., Springer Series in Statistics, Vol. XXX. Springer-Verlag New York.

Kim, 2021. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions – World Energy Outlook Special Report. International Energy Agency, World Energy Outlook (WEO) team in the Directorate of Sustainability,

Technology and Outlooks (STO). IEA Publicatios. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/24d5dfbb-a77a-4647-abcc-667867207f74/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf> (Consultado em 20 de set de 2021)

LNEG, 2021. Catálogo de Rochas Ornamentais. Obtido de Laboratório Nacional de Energia e Geologia: <https://rop.lneg.pt/rop/images/intro/intr.php> (Consultado em 10 de setembro de 2021)

Martins & Mateus, 2019. Dez razões para apoiar e incentivar a indústria mineira: globalmente, na UE e em Portugal. Geonovas, Revista da APG, 32(2):11-40.

Mateus & Martins, 2019. Challenges and opportunities for a successful mining industry in the future. Boletín Geológico y Minero, 130(1):99-121.

Navarro, 2006. A Evolução dos Materiais. Parte 1: da Pré-história ao Início da Era Moderna. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Vol 1, nº1, 01-11.

Oliveira & the Mineral Resources Expert Group Team, 2020. The role of EuroGeoSurveys Mineral Resources Expert Group in the European minerals context. Comunicações Geológicas, 107(Especial I):57-59.

Presidência do Conselho de Ministros. Decreto-Lei n.º 30/2021. Diário da República, 1.ª série - Nº89 - 7 de maio de 2021 (Regulamentação da Lei n.º 54/2015, de 22 de junho, no que respeita aos depósitos minerais).

Ribeiro et al., 1979. Introduction à la Geologie Générale du Portugal. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.

Siddi, 2020. The European Green Deal: Assessing its current state and future implementation. May 2020. Finnish Institute of International Affairs – Working Paper 114; FIIA: Helsinki, Finland.

Silva, 2020. Visão Estratégica Para O Plano De Recuperação Económica De Portugal 2020-2030. Governo da República Portuguesa; Lisboa, 21 julho 2020.

Stein et al., 2006. Chapter 13 - Principal Components Analysis: A Review of its Application on Molecular Dynamics Data, Annual Reports In Computational Chemistry, 2:233-261. December 2006 Elsevier B.V. http://sobereva.com/usr/uploads/file/20150610/20150610200236_48141.pdf

Webinar, 2021. O Urânio em Portugal. da exploração à remediação ambiental. Webinar de 28 de abril de 2021. Ordem dos Engenheiros - Conselhos Nacionais dos Colégios de Engenharia Geológica e de Minas e de Engenharia do Ambiente.

Anexos
